



THESIS RE-142541

**DINAMIKA BAKTERI COLIFORM DISEBABKAN OLEH
TEKANAN, KEKERUHAN DAN SISA CHLOR DI KOTA
SURABAYA**

ABDUL ROCHMAN AL KHAKIM
NRP. 3314202010

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ali Masduqi, ST., MT.,

PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



THESIS - RE142541

**DINAMICS OF COLIFORM BACTERIA CAUSED BY
PRESSURE, TURBIDITY AND CHLOR RESIDUAL IN
SURABAYA CITY**

ABDUL ROCHMAN AL KHAKIM
NRP. 3314202010

SUPERVISOR
Dr. Ali Masduqi, ST., MT.,

MAGISTER PROGRAM
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (M.T.)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Abdul Rochman Al Khakim

NRP: 3314202010

Tanggal Ujian : 13 Juli 2017
Periode Wisuda : September 2017

Disetujui Oleh :


1. **Dr. Ali Masduqi, ST., MT.**

(Pembimbing)

NIP : 196801281994031003


2. **Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoediharjo, M.ScEs**

(Pengarah)

NIP : 195408241984032004


3. **Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., Ph.D.**

(Pengarah)

NIP : 197111142003122001


4. **Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, MT.**

(Pengarah)

NIP : 195605081993031001


5. **Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si, MT.**

(Pengarah)

NIP : 197510182005011003



**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Dekan

IR. Purwanita Setijarti, M.Sc., Ph.D.

NIP. 19590427 198503 2 001

DINAMIKA BAKTERI COLIFORM DISEBABKAN OLEH TEKANAN, KEKERUHAN DAN SISA CHLOR DI KOTA SURABAYA

Nama mahasiswa : Abdul Rochman Al Khakim
NRP : 3314202010
Pembimbing : Dr. Ali Masduqi ST., MT.,

ABSTRAK

Perkembangan pembangunan saat ini di Kota Surabaya harus diikuti oleh pemenuhan air minum. Cakupan pelayanan air minum kota Surabaya Tahun 2016 sebesar 95,51%. Target PDAM Surya Sembada dapat melayani 100% penduduk kota Surabaya di tahun 2018. Permasalahan air minum yang terjadi di Surabaya utamanya pada kualitas air. Tingginya kandungan bakteri Coliform dalam kualitas air PDAM salah satu masalah utamanya. Permasalahan ini terjadi karena banyak faktor terutama dengan parameter tekanan, kekeruhan dan sisa chlor. Penelitian ini mengkaji dinamika bakteri Coliform yang disebabkan oleh tekanan, kekeruhan, dan sisa Chlor dalam sistem distribusi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan hubungan tekanan, kekeruhan dan sisa chlor terhadap bakteri Coliform di zona 2 PDAM Surabaya.

Metode untuk menghubungkan ketiga parameter terhadap bakteri Coliform dengan menggunakan analisis korelasi program SPSS. Analisis ini mencari angka korelasi dan nilai signifikansi dari kedua variabel yang dihubungkan. Analisis korelasi yang digunakan yaitu korelasi sederhana (bivariat). Batasan nilai korelasi anatra 0,4-0,6, jika berada dibawah nilai tersebut dikatakan rendah dan jika diatas nilai tersebut dikatakan kuat. Hasil analisis korelasi sederhana dari tekanan, kekeruhan, dan sisa chlor terhadap bakteri Coliform yaitu 0,486, 0,264, dan 0,842. Hasil analisis korelasi sederhana untuk antar variabel yaitu korelasi tekanan dengan kekeruhan 0,699, tekanan dengan sisa chlor 0,74 dan kekeruhan dengan sisa chlor 0,349. Hal ini menunjukkan bahwa parameter tekanan dapat mempengaruhi sisa chlor yang berimbas pada kandungan bakteri coliform dalam sistem distribusi.

Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa parameter sisa chlor mempunyai nilai korelasi sangat kuat terhadap bakteri Coliform dibandingkan parameter tekanan dan kekeruhan. Sisa chlor adalah parameter yang paling berpengaruh dalam keberadaan bakteri coliform. Nilai bakteri coliform yang berfluktuatif diakibatkan sisa chlor yang dipengaruhi oleh jarak, dan umur pipa, selain dengan bakteri itu sendiri. Parameter tekanan juga dapat mempengaruhi kadar sisa chlor sehingga tekanan dan sisa chlor merupakan faktor kunci dalam dinamika bakteri coliform.

Kata Kunci : sisa Chlor, Tekanan, Kekeruhan, Bakteri Coliform.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DYNAMICS OF COLIFORM BACTERIA CAUSED BY PRESSURE, TURBIDITY AND CHLOR RESIDUAL IN SURABAYA CITY

Name of student : Abdul Rochman Al Khakim
NRP : 3314202010
Supervisor : Dr. Ali Masduqi ST., MT.,

ABSTRACT

The current development in the city of Surabaya to be followed by the fulfillment of the drinking water. These developments should also be followed by the fulfillment of the drinking water. The scope of the service of drinking water the city of Surabaya 2016 of 95.51%. Target PDAM Surya Sembada can serve 100% of the population of the city of Surabaya in 2018. The problem of drinking water occurred in Surabaya on the main water quality. The high Coliform bacteria content in water quality PDAM one of the main problems. This problem occurs because many factors especially with parameters pressure, turbidity, and chlor residual. This study examines the dynamics of bacterial Coliform caused by pressure, turbidity, and Chlor residual in the distribution system. This research aims to determine the relationship of pressure, turbidity, and chlor residual against Coliform bacteria in zone 2 PDAM Surabaya

The methods used in this study to link the third parameter against the bacteria Coliform with an analysis of the correlation program SPSS. This analysis searched for the number and value of correlation significance of both variable money is connected. The analysis of correlation used i.e. simple correlation (bivariate). Limit value correlation Center 0.4-0.6 point, if it is under the value is said to be low and if above that value are said to be strong. Simple correlation analysis results from pressure, turbidity, and chlor residual against Coliform bacteria that is 0.486, 0.264, and 0.842. Simple correlation analysis results for between variabels, namely the correlation between pressure with turbidity 0.699, pressure with the chlorine residual 0.74 and turbidity with chlor residual 0.349. This indicates that the parameter pressure can also affect the chlorine residual promoted bacterial coliform content in the distribution system.

Correlation analysis of the results shows that the parameters Chlor residual has a value of correlation is very strong against the bacteria Coliform than the parameter pressure and turbidity. The chlor residual is the most influential parameters in the presence of coliform bacteria. The value of the coliform bacteria are unstable due to chlorine residual has kinetics with distance, and the age of pipe, in addition with the bacteria itself. The parameter pressure can also affect the rate of the rest of the chlor so pressure and chlorine residual is a key factor in the dynamics of coliform bacteria.

Keywords: Chlor residual, pressure, turbidity, coliform bacteria.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa disampaikan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, maka laporan tesis yang berjudul **Dinamika Bakteri Coliform Disebabkan oleh Tekanan, Kekeruhan dan Sisa Chlor di Kota Surabaya** dapat terselesaikan. Ucapan terima kasih penyusun sampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Ali Masduqi, ST., MT sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan waktu dan ilmu sehingga penyusunan tesis ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoediharjo, M.ScES., Bapak Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, MT., Bapak Dr. Abdu Fadli Assomadi, SSi., MT., dan Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST., MT, PhD. sebagai dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan dalam penyusunan tesis.
3. Ibu Prof. Dr. Ir.Nieke Karnaningroem, M.Sc selaku dosen wali yang selalu memberikan arahan selama menempuh pendidikan pascasarjana.
4. Ibu Dr. Ir. Ellina S. Pandebesie selaku Kaprodi Program Pascasarjana Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS.
5. Bapak Adhi Yuniarto, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS dan Sekretariat Jurusan Teknik Lingkungan yang telah memberikan fasilitas pelaksanaan tesis
6. Bapak, Ibu serta keluarga yang selalu memberikan semangat, doa dan energi positif kepada penulis.
7. Ria Elita sebagai teman/sahabat spesial yang selalu memberikan semangat, doa, saran dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis.
8. Arka Romadona sebagai teman seangkatan yang telah memberikan bantuan, masukan, semangat dan doa dalam penyusunan tesis.
9. Faisal, Imam, Fauzi, Rizki, Citra, Dinda, dan Diana yang telah memberikan dukungan berupa semangat dan doa bagi penulis untuk menyelesaikan tesis.
10. Teman-teman remaja masjid Nasrulloh yang sudah banyak mendoakan penulis agar bisa menyelesaikan tesis.
11. Rekan mahasiswa MTSL angkatan 2014 atas segala dukungan yang diberikan.

12. PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yang telah memberikan banyak data dan informasi terkait kualitas air dan tekanan di jaringan sistem distribusi Kota Surabaya.
13. Bu Noor, Pak Hendro, Pak Kimun, dan Mas Vega PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yang telah membimbing saya selama melakukan penelitian dan mengumpulkan data terkait penelitian tesis.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 3 Mei 2017

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kontaminasi Mikroorganisme Pada Jaringan Pipa Distribusi.....	5
2.2 Proses Desinfeksi Pada Sistem Distribusi	5
2.2.1 Penggunaan Chlorine Sebagai Desinfektan	6
2.2.2 Kinetika Sisa Chlorine Dengan Jarak dan Pipa.....	7
2.2.3 Hubungan Kandungan Bakteri Coliform dengan Sisa Chlor.....	9
2.3 Pertumbuhan Kembali Bakteri Coliform.....	10
2.4 Hubungan Bakteri Coliform Dengan Parameter Kekeruhan.....	11
2.5 Hubungan Bakteri Coliform Dengan Parameter Tekanan.....	12
2.6 Analisis Statistik.....	12
2.6.1 Penyajian Data Statistik	12
2.6.2 Analisis Korelasi Dengan Menggunakan Software SPSS Statisic.....	13
2.7 Kondisi Eksisting PDAM Surya Sembada Kota Surabaya	17
2.8 Penelitian Terdahulu.....	19
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Kerangka Penelitian.....	23
3.2 Pendahuluan.....	23
3.3 Tinjauan Pustaka.....	25

3.4 Pelaksanaan Penelitian	25
3.5 Analisis dan Pembahasan	27
3.6 Kesimpulan dan Rekomendasi	27
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Analisis data antara bakteri Coliform dengan tekanan	31
4.1.1 Daerah tekanan rendah	31
4.1.2 Daerah tekanan sedang	35
4.1.3 Daerah tekanan tinggi	36
4.2 Analisis data antara bakteri Coliform dengan kekeruhan	38
4.2.1 Daerah kekeruhan tinggi	39
4.2.2 Daerah kekeruhan sedang	40
4.2.3 Daerah kekeruhan rendah	44
4.3 Analisis data antara bakteri Coliform dengan sisa Chlor	46
4.3.1 Daerah dengan sisa Chlor 0 mg/L	46
4.3.2 Daerah dengan sisa Chlor 0-0,2 mg/L	48
4.3.3 Daerah dengan sisa Chlor diatas 0,2 mg/L	51
4.4 Analisis korelasi menggunakan program IBM SPSS Statistic 24	53
4.4.1 Analisis korelasi dengan satu variabel terhadap bakteri Coliform	53
4.4.2 Analisis korelasi dengan antar variabel	55
4.5 Analisis perhitungan penurunan sisa Chlor	56
4.6 Dinamika bakteri Coliform pada sistem distribusi air minum	59
BAB 5 KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Rekomendasi	61
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN A	67
LAMPIRAN B	71
BIODATA PENULIS	73

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data tekanan dan bakteri Coliform sub zona 215, 219, dan 226 tahun 2016	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
Tabel 4.2 Data sampling tekanan dan bakteri Coliform sub zona 215, 219, dan 226	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
Tabel 4.3 Data tekanan dan bakteri Coliform sub zona 211 dan 216 tahun 2016	35
Tabel 4.4 Data sampling tekanan dan bakteri Coliform sub zona 211 dan 216....	36
Tabel 4.5 Data tekanan dan bakteri Coliform sub zona 212, 204, 227 dan 210 tahun 2016	37
Tabel 4.6 Data sampling tekanan dan bakteri Coliform sub zona 212, 204, 227 dan 210	37
Tabel 4.7 Data kekeruhan dan bakteri Coliform sub zona 226 dan 216 tahun 2016	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
Tabel 4.8 Data sampling kekeruhan dan bakteri Coliform sub zona 226 dan 216	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
Tabel 4.9 Data kekeruhan dan bakteri Coliform sub zona 211, 210, 215 dan 219 tahun 2016	43
Tabel 4.10 Data sampling kekeruhan dan bakteri Coliform sub zona 211, 210, 215 dan 219	43
Tabel 4.11 Data kekeruhan dan bakteri Coliform sub zona 212, 204, dan 227 tahun 2016	44
Tabel 4.12 Data sampling kekeruhan dan bakteri Coliform sub zona 212, 204, dan 227	45
Tabel 4.13 Data sisa Chlor dan bakteri Coliform sub zona 210 dan 226 tahun 2016	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
Tabel 4.14 Data sampling sisa Chlor dan bakteri Coliform sub zona 210 dan 226	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
Tabel 4.15 Data sisa Chlor dan bakteri Coliform sub zona 204, 211, 215, 216, dan 219 tahun 2016	<i>Error! Bookmark not defined.</i>

Tabel 4.16 Data sampling sisa Chlor dan bakteri Coliform sub zona 204, 211, 215, 216, dan 219.....	51
Tabel 4.17 Data sisa chlor dan bakteri Coliform sub zona 212 dan 227 tahun 2016.....	52
Tabel 4.18 Data sampling sisa chlor dan bakteri Coliform sub zona 212 dan 227.....	52
Tabel 4.19 Data Rata-Rata Ketiga Parameter Untuk Analisis Korelasi	53
Tabel 4.20 Hasil analisis korelasi bakteri Coliform dengan satu variabel	54
Tabel 4.21 Hasil analisis korelasi bakteri Coliform dengan dua variabel	55
Tabel 4.22 Hasil analisis perhitungan 9 lokasi studi penelitian	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik hubungan jumlah bakteri Coliform dengan sisa Chlor (mg/L).....	10
Gambar 2.2 Peta Pelayanan Instalasi Produksi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.2 Peta Lokasi Sampling Zona 2 Wilayah Pelayanan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.....	29
Gambar 4.1 Peta Tekanan Zona 2 Wilayah Pelayanan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya	33
Gambar 4.2 Peta Kekeruhan Zona 2 Wilayah Pelayanan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.....	41
Gambar 4.3 Peta Sisa Chlor Zona 2 Wilayah Pelayanan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.....	49
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Konsentrasi Sisa Chlor Hasil Analisis dan Sampling Terhadap Satuan Waktu	57
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Konsentrasi Sisa Chlor Hasil Analisis dan Sampling Terhadap Satuan Jarak	58
Gambar 4.6 Persamaan Rumus C Model Dari Perhitungan.....	58

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya di muka bumi. Kontinuitas dan kualitas air adalah hal utama yang harus dijaga. Semakin pesatnya laju pembangunan mengakibatkan adanya perubahan alih fungsi lahan yang nantinya dapat mengurangi kantong-kantong resapan air. Perkembangan pembangunan di negara-negara berkembang seperti Indonesia sangatlah pesat terutama di kota-kota besar atau metropolitan seperti kota Surabaya. Perkembangan ini juga diikuti oleh pemenuhan kebutuhan dasar manusia yaitu pemenuhan air minum baik dari segi kuantitas, kualitas, kontinuitas dan keterjangkauannya.

Pengelolaan air di kota Surabaya dilakukan oleh PDAM Surya Sembada yang merupakan salah satu PDAM terbaik yang ada di Indonesia. PDAM Surya Sembada ini mempunyai 7 unit Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) untuk memenuhi kebutuhan air minum di kota Surabaya. Cakupan pelayanan air minum di kota Surabaya untuk saat ini sudah cukup tinggi di Tahun 2016 cakupan pelayanan sebesar 547.819 SR (95,51% dari total penduduk Kota Surabaya). Target PDAM Surya Sembada di Tahun 2018 yaitu dapat melayani 100 % penduduk kota Surabaya terpenuhi.

Permasalahan paling umum yang dialami oleh PDAM pada sistem distribusi yaitu masih tingginya angka kebocoran pipa (Hadi, 2000). Kebocoran di PDAM Kota Surabaya berdasarkan data PDAM Surya Sembada tahun 2016 persentasenya sekitar 27%. Kebocoran pipa merupakan hal dominan yang dapat menyebabkan masuknya mikroba ke jaringan air minum dan kekeruhan pada air minum. Penelitian Rogers (2013) menunjukkan bahwa kebocoran air yang ekstrim menyebabkan gangguan pasokan air ke pelanggan. Kebocoran air juga mampu menimbulkan kerusakan dalam pipa dan kualitas air itu sendiri. Kualitas ini ditunjukkan dengan parameter bakteri Coli dan kekeruhan karena merupakan parameter kunci dalam air minum.

Kebocoran pipa juga dapat dideteksi dari tekanan di masing-masing jalur perpipaan. Tekanan pipa yang rendah diindikasikan ada kebocoran air karena hilangnya tekanan pada jaringan distribusi tersebut. Pernyataan ini diperkuat penelitian Fontanaza (2015) dan Achmad Supi'i (2001) dimana kebocoran air dapat terjadi karena rendahnya tekanan. Sehingga dimungkinkan ada kaitan tekanan dengan bakteri Coliform.

Parameter lain selain tekanan dan kekeruhan juga ada parameter sisa Chlor yang berkaitan langsung dengan bakteri Coliform. Hubungan sisa Chlor dan bakteri Coliform sangatlah erat karena sisa Chlor merupakan desinfektan dalam sistem distribusi. Batas minimum sisa Chlor dalam jaringan agar bakteri Coliform tidak tumbuh yaitu 0,2 mg/L. Keterkaitan dua parameter ini ditunjukkan dalam penelitian Finansyah (2003) dimana laju penurunan kadar chlorine dan laju pertumbuhan kembali bakteri coli semakin besar pada pipa yang bocor.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian untuk mengkaji dinamika bakteri Coliform dalam sistem distribusi yang disebabkan oleh ketiga parameter kunci. Penelitian ini diharapkan mampu sebagai bahan rekomendasi untuk PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dalam mengatasi atau mengendalikan bakteri Coliform pada ada sistem distribusi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu :

- 1) Bagaimana hubungan tekanan, kekeruhan, dan sisa Chlor terhadap bakteri Coliform di zona 2 PDAM Surabaya?
- 2) Bagaimana dinamika bakteri Coliform dalam sistem distribusi di zona 2 PDAM Surabaya?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

- 1) Menentukan hubungan tekanan, kekeruhan, dan sisa Chlor terhadap bakteri Coliform di zona 2 PDAM Surabaya.

- 2) Menentukan dinamika bakteri Coliform dalam sistem distribusi di zona 2 PDAM Surabaya.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah

- 1) Menambah wawasan dan pengetahuan tentang permasalahan yang timbul dalam sistem perpipaan PDAM kota Surabaya.
- 2) Saran dan rekomendasi untuk PDAM Surya Sembada kota Surabaya dalam menangani permasalahan sistem perpipaan air PDAM dari segi kualitas air terutama mengatasi atau mengendalikan bakteri Coliform.

1.5 Ruang Lingkup

- 1) Lokasi studi penelitian di wilayah pelayanan zona 2 PDAM Surabaya dengan pengambilan sampel di lokasi berdasarkan variasi tekanan dan sisa chlor dan kekeruhan.
- 2) Terdapat 4 parameter yang akan dikaji pada penelitian ini yaitu Chlorine (sisa Chlor), bakteri Coliform, Kekeruhan dan Tekanan.
- 3) Variasi tekanan yang digunakan yaitu tekanan dibawah 2m, antara 2-5m dan diatas 5m.
- 4) Variasi sisa chlor yang digunakan yaitu 0 mg/L, 0-0,2 mg/L dan diatas 0,2 mg/L.
- 5) Variasi kekeruhan yang digunakan yaitu kekeruhan rendah, sedang dan tinggi.
- 6) Analisis Chlorine (sisa Chlor), jumlah bakteri Coliform dan kekeruhan dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan ITS.
- 7) Menganalisis hubungan antara bakteri Coliform yang disebabkan oleh Chlorine (sisa Chlor), Kekeruhan, dan Tekanan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kontaminasi Mikroorganisme Pada Jaringan Pipa Distribusi

Kontaminasi mikroorganisme pada jaringan pipa distribusi dapat berasal dari luar dan dalam jaringan pipa.

a. Kontaminasi dari luar jaringan pipa

Masuknya mikroorganisme dari luar pipa distribusi dapat terjadi akibat pemasangan pipa baru dan perbaikan pipa. Terdapat lubang/celah pada jaringan pipa distribusi dan perlengkapan jaringan pipa serta kebocoran pada reservoir dan pemasangan perlengkapan yang tidak benar.

b. Kontaminasi dari dalam jaringan pipa

Kontaminasi ini terjadi karena adanya reaksi antara air dengan pipa, sehingga terjadi nutrient bagi mikroba. Tumbuhnya bakteri pembentuk lendir pada bagian dalam pipa dan terbawanya endapan kotoran yang ada pada jaringan pipa distribusi akibat perubahan tekanan.

2.2 Proses Desinfeksi Pada Sistem Distribusi

Desinfeksi adalah proses pembunuhan bakteri yang terdapat dalam air dan berbahaya bagi kesehatan. Proses ini yang menjaga kualitas air minum ke pelanggan dapat terjamin dengan baik. Zat yang digunakan dalam proses desinfeksi disebut Desinfektan.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi sebagai zat desinfektan adalah sebagai berikut (Prawito, 1991):

1. Mampu membunuh sejumlah bakteri patogen yang ada di dalam air dalam waktu dan suhu tertentu.
2. Tidak bersifat racun bagi manusia atau hewan dan tidak berbau.
3. Biaya pengadaanya murah, metoda penyimpanan dan pembubuhannya mudah dan aman.
4. Masih menyisakan sejumlah kadar tertentu sebelum dikonsumsi.
5. Dosisnya mudah dianalisis dan diketahui.

Klorinasi merupakan suatu cara desinfeksi yang bersifat kimia, dengan menggunakan klor sebagai desinfektannya. Cara klorinasi merupakan cara yang memuaskan untuk melakukan desinfeksi air dengan kontaminasi tidak terlalu berat. Selain dapat membasmi bakteri dan mikroorganisme seperti amuba, ganggang dan lain-lain, klor dapat mengoksidasi ion-ion logam seperti Fe^{2+} , Mn^{2+} menjadi Fe^{3+} dan Mn^{4+} , dan memecah molekul organik. Selama proses tersebut, klor sendiri direduksi sampai menjadi ion klorida (Cl^-) yang tidak mempunyai daya desinfeksi (Octaviannus, 2012).

Senyawa klor yang biasa digunakan pada perusahaan pengolahan air minum adalah gas klor (Cl_2), $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, NaOCl dan ClO_2 . NaOCl dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ merupakan senyawa klor yang paling sering digunakan dalam perusahaan pengolahan air (Metcalf dan Eddy, 1991).

2.2.1 Penggunaan Chlorine Sebagai Desinfektan

Chlorine (Cl_2) adalah zat kimia yang sering dipakai sebagai desinfektan. Chlorine dipakai karena harganya murah dan masih mempunyai daya desinfeksi sampai beberapa jam setelah pembubuhannya (Supri, 2001).

Keuntungan penggunaan Chlorine sebagai desinfektan adalah:

- Murah
- Masih terdapat sisa Chlorine yang mempunyai aksi cukup panjang.

Kerugian penggunaan Chlorine sebagai desinfektan adalah:

- Chlorine yang diberikan dalam air akan mempunyai aksi cukup panjang.
- Jika diberikan dalam jumlah yang berlebih akan menyebabkan korosi pada pipa;
- Dengan adanya zat organik akan membentuk Trihalomethane (THM).

Chlorine yang digunakan dalam proses pengolahan air minum selain berfungsi sebagai desinfektan, tetapi juga mengurangi pertumbuhan alga dan bakteri penghasil lumpur. Chlorine perlu diwaspadai karena dampak dari hasil sampingan proses ini yaitu zat karsinogen yang disebut Chloroform. Chloroform umumnya dihasilkan dari reaksi antara Chlorine dan bahan-bahan organik yang

terdapat dalam air. Reaksi tersebut tergantung dari nilai pH air. Sisa Chlorine terikat merupakan Chlorine yang ditambahkan untuk menghilangkan amina dan zat pereduksi lainnya. Sisa Chlorine terikat terdapat pada lokasi pengolahan air atau sistem distribusi. Chlorine tersedia terikat mempunyai gaya desinfeksi lebih rendah dibandingkan dengan Chlorine tersedia bebas.

2.2.2 Kinetika Sisa Chlorine Dengan Jarak dan Pipa

Secara umum kinetika total reaksi klorin dalam distribusi air minum menggunakan pipa dinyatakan dalam persamaan:

$$\left(\frac{dC}{dt}\right)_{total} = \left(\frac{dC}{dt}\right)_{bulki} + \left(\frac{dC}{dt}\right)_{wall}$$

$$\frac{dC}{dt} = -k_b C - \frac{4}{d} k_{w1} \dots\dots 1)$$

dimana, C = konsentrasi sisa klor (mg/L), k_b = koefisien laju reaksi bulki untuk pengurangan klorin bebas (jam^{-1} atau hari^{-1}), d = diameter pipa (m), k_{w1} = koefisien laju pengurangan klor bebas karena kondisi permukaan dinding pipa distribusi ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ atau $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$), dan t = waktu yang tersedia untuk klorin dalam air distribusi bereaksi atau bertransformasi dari satu titik pengamatan ke titik pengamatan lain (jam atau hari). Waktu yang diperlukan dalam estimasi kinetika ini dihitung berdasarkan debit aliran air minum dalam pipa distribusi, dan jarak antar titik pengamatan yang ditentukan (m). Persamaan yang digunakan adalah:

$$t = \frac{L.A}{Q} = \frac{L.\pi d^2}{4Q} \dots\dots 2)$$

Dimana L = jarak antara 2 titik pengamatan (m), A = luas penampang basah (m^2), d = diameter pipa (m), dan Q = debit aliran dalam distribusi (m^3/hari atau m^3/jam). Laju reaksi klorin pada bulki air diperoleh dari uji perubahan konsentrasi klorin sistem batch dengan perubahan waktu. Kinetika ini umumnya mengikuti reaksi orde 1 terhadap konsentrasi awal klorin.

$$\frac{dC}{dt} = -k_b C \dots\dots 3)$$

Tetapi pendekatan ini bisa berbeda jika terjadi perbedaan yang nyata terhadap jumlah organik dan temperatur. Pengujian kinetika terhadap bulki air

akan menghasilkan konstanta laju reaksi bulki (k_b). Secara empiris konstanta ini dapat dinyatakan:

$$k_b = a.TOC.e^{\left(\frac{-b}{T}\right)}....4)$$

dengan, TOC = total organic compound, $a = 1.8 \times 10^6$ L/mg.h, $b = 6050$ K dan T = temperatur air (K).

Disinfeksi dapat hilang dalam sistem karena reaksi pada pipa. Reaksi ini meliputi reaksi yang mungkin terjadi, mass-transfer (kesetimbangan) dan pembasahan permukaan (area permukaan) terhadap volume geometri. Reaksi wall pipa dinyatakan:

$$\left(\frac{dC}{dt}\right)_{wall} = -\left(\frac{A}{V}\right)k_{w1}C_w = -\frac{4}{d}k_{w1}C_w....5)$$

V = volume pipa (m^3). Suku terakhir, digunakan untuk pipa yang terisi penuh air, radius hidrolik dinyatakan dengan diameter/4. Konstanta laju reaksi wall dikonversi ke konsentrasi klor bulki dapat dinyatakan (Arevalo, 2007):

$$\left(\frac{dC}{dt}\right)_{wall} = -\frac{k_w}{d}C.....6)$$

Kinetika sisa Chlorine dengan pipa dapat dilihat dari laju kehilangan sisa Chlorine dalam jaringan pipa. Laju kehilangan klorin dibedakan menjadi dua, yaitu *bulk reactions* dan *pipe wall reactions* (Rossman, 2000). Kehilangan klorin akibat *bulk reactions* dipengaruhi oleh temperatur air dan jumlah zat karbon organik reaktif yang terdapat dalam air, sedangkan kehilangan klorin akibat *pipe wall reactions* dipengaruhi oleh material pipa atau material yang ada di dinding pipa, seperti korosi atau lapisan biologis (*biofilm*) dan juga umur pipa (Al-Jasser, 2011). Rossman (2000) memberikan kisaran nilai *pipe wall reactions* untuk *first order reaction* yaitu 0 – 5 ft/hari (0 – 1,524 m/hari). Nilai tersebut dapat juga diabaikan (untuk pipa beton atau pipa plastik) atau bisa jadi sangat tinggi (khususnya pada lokasi dimana korosi sangat tinggi). Triatmadja (2010) memberikan nilai *bulk reactions* dan *pipe wall reactions* (pipa plastik) masing-masing yaitu -1,68/hari dan -0,25 m/hari. Nilai tersebut berdasarkan studi yang dilakukan pada zona air minum prima (ZAMP) PDAM Tirta Gemilang, Magelang.

2.2.3 Hubungan Kandungan Bakteri Coliform dengan Sisa Chlor

Sisa Chlor sebagai desinfektan pada jaringan distribusi sangat erat hubungannya dengan keberadaan bakteri Coliform. Sisa Chlor diberikan untuk menjamin kualitas air minum agar terbebas dari kontaminan-kontaminan (bakteri Coliform) yang masuk selama pendistribusian air minum tersebut.

Chlorine sebagai desinfektan berperan dalam merusak mikroorganisme karena mampu bereaksi dengan enzim yang esensial untuk proses metabolisme sel hidup. Sel-sel ini akan mati ketika enzim-enzim tersebut dinaktivasi (Andayani, 1999).

Penghilangan bakteri patogen dengan chlorinasi tergantung pada temperatur air, pH, waktu kontak, kecepatan mixing, konsentrasi mikroorganisme, dan konsentrasi Chlor yang dibubuhkan (Geo, 1992). Sisa chlor minimal 0,2 mg/L diperlukan untuk memastikan bahwa organisme patogen tertentu telah mati atau dapat juga untuk mencegah hidupnya organisme patogen tertentu selama air berada di dalam jaringan pipa (Mc Ghee, 2011).

Menurut Johnson (1997), waktu kontak yang dibutuhkan oleh klor tersedia bebas (*free available chlorine*) mungkin hanya beberapa menit saja, namun untuk klor tersedia terikat (*combined available chlorine*) waktu kontak yang dibutuhkan bisa mencapai satu atau dua jam. Klor sebagai kloramin memerlukan waktu kontak yang lebih lama karena pelepasan klor dari kloramin berlangsung lambat. Apabila konsentrasi klor yang ditambahkan menurun, maka waktu kontak harus dinaikkan supaya desinfeksi berjalan dengan baik.

Hubungan antara konsentrasi klor, waktu kontak dan pemusnahan bakteri dijelaskan melalui persamaan berikut :

$$K = C \times T \dots\dots\dots 7)$$

Dimana :

K = pemusnahan Bakteri (*kill*)

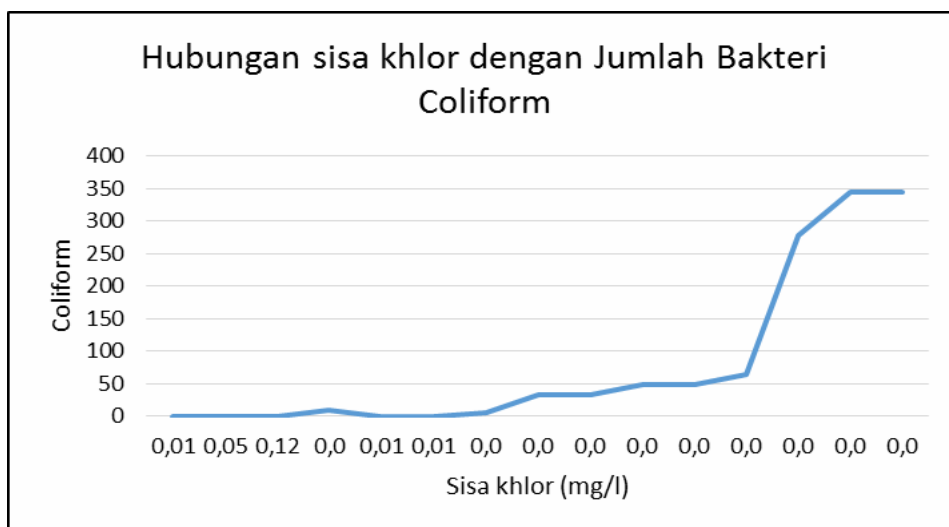
C = konsentrasi klor (mg Cl₂/L)

T = waktu kontak (menit)

(Octaviannus, 2012)

Hubungan antara sisa Chlor dengan bakteri Coliform juga telah dilakukan oleh Widiastuti (2017) dalam penelitiannya. Nilai korelasi dari sisa Chlor dan

bakteri Coliform adalah -0,818 bahwa semakin berkurang sisa Chlor dapat menyebabkan bakteri Coliform semakin banyak. Hubungan tersebut juga ditunjukkan oleh Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Grafik hubungan jumlah bakteri Coliform dengan sisa Chlor (mg/L)

2.3 Pertumbuhan Kembali Bakteri Coliform

Bakteri Coliform merupakan organisme indikator bagi kehadiran bakteri patogen. Bakteri Coliform ini mempunyai resistensi terhadap faktor-faktor antagenistis alamiah dan mempunyai derajat resistensi lebih tinggi (Peni, 1991). Penggunaan mikroorganisme indikator dalam analisis pencemaran air akibat bakteri patogen disebabkan kurang sesuai penggunaannya mikroorganisme patogen untuk tujuan pemantauan. Salah satu penyebabnya adalah bahwa mikroorganisme patogen terdiri atas berbagai jenis, sehingga pengujian masing-masing jenis untuk tujuan pemantauan menjadi tidak praktis. Selain itu, pengujian langsung mikroba patogen seringkali berakhir dengan kegagalan, karena sebab-sebab berikut: (Trihadiningrum, 1995)

1. Beberapa jenis pathogen sulit untuk dibiakkan di laboratorium.
2. Umumnya terdapat dalam jumlah kecil dan hanya hidup untuk jangka waktu yang pendek setelah terlepas dari sumbernya.

Selama proses penyaluran air minum/air bersih ini ke pelanggan dimungkinkan bakteri Coliform tumbuh kembali di sistem perpipaan. Pertumbuhan itu dipengaruhi terutama oleh kadar sisa Chlorine dan keberadaan

senyawa organik yang mampu berasimiliasi. Semakin kecil kadar sisa Chlorine dan atau semakin besar jumlah senyawa organik akan semakin mempercepat laju pertumbuhan bakteri Coliform. Menurut (Francis, 2000), kadar sisa desinfektan yang “memadai” saat air minum akan disalurkan tidak menjamin bakteri Coliform tidak tumbuh kembali di sistem distribusi.

2.4 Hubungan Bakteri Coliform Dengan Parameter Kekeruhan

Permasalahan jaringan distribusi di perkotaan pada umumnya sama yaitu adanya kebocoran air yang disebabkan banyak faktor. Kebocoran ini berimbas pada hasil pendapatan air, gangguan layanan, kehilangan energi (tekanan), dan biaya perbaikan (Candelieri, Conti, dan Archetti, 2013). Kebocoran air ekstrim menyebabkan gangguan pasokan air ke pelanggan serta menimbulkan kerusakan dalam pipa dan kualitas air (Rogers, 2013).

Kualitas air merupakan salah satu aspek penting dalam persyaratan air minum. Oleh karena itu pemantauan kualitas air minum merupakan hal penting untuk memenuhi kesehatan di suatu negara (Ince and Howard, 1999). Salah satu upaya pemerintah dalam memantau kualitas air minum dengan mengeluarkan peraturan standar baku mutu air minum yaitu PERMENKES RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010. Parameter kunci dalam kualitas air salah satunya adalah kekeruhan.

Kekeruhan adalah parameter kualitas air yang mudah diamati secara langsung atau kasat mata. Kekeruhan tidak terlalu berpengaruh pada kesehatan, namun dengan alasan estetika, air yang dikonsumsi harus mengandung kekeruhan yang rendah (Masduqi dan Assomadi, 2012). Alat yang digunakan untuk mengukur kekeruhan adalah turbidimeter.

Kebocoran air dapat menimbulkan kekeruhan dalam jaringan perpipaan karena dimungkinkan membawa senyawa organik dalam perpipaan. Senyawa inilah yang dapat menumbuhkan kembali bakteri Coliform. Bakteri Coliform dapat tumbuh baik pada beberapa jenis substrat dan dapat mempergunakan berbagai jenis karbohidrat. Bakteri Coliform juga dapat mengubah komponen organik lain sebagai sumber energi dan beberapa komponen nitrogen sederhana sebagai sumber nitrogen (Suriawiria, 1996).

2.5 Hubungan Bakteri Coliform Dengan Parameter Tekanan

Hubungan bakteri Coliform dengan parameter tekanan dapat dilihat dari kebocoran air. Kebocoran air dalam pipa distribusi dapat diketahui dari indikator tekanan pipa dalam jaringan distribusi. Tekanan bisa dijadikan model simulasi untuk menentukan lokasi dan seberapa parah kebocorannya (Candelieri, Conti, dan Archetti, 2013).

Kebocoran air ini juga dapat terjadi karena rendahnya tekanan yang bisa menimbulkan instruksi terhadap pipa sehingga pipa rusak atau bocor (Fontanaza, 2015). Hal inilah yang diindikasikan membawa senyawa-senyawa organik atau substrat yang dapat menumbuhkan bakteri Coliform dalam sistem perpipaan. Sistem distribusi yang mempunyai tekanan rendah, dimungkinkan mempunyai kualitas air yang rendah baik dari parameter kekeruhan dan bakteri Coliformnya (Supri'i, 2001).

2.6 Analisis Statistik

Statistik adalah metoda untuk mengumpulkan, mengolah dan menganalisis data dan menginterpretasikan kesimpulan. Data adalah keterangan mengenai sesuatu yang baik yang berbentuk angka maupun tidak. Pengumpulan data dapat diambil dari seluruh anggota kelompok atau sebagian saja. Keseluruhan anggota kelompok lazim disebut populasi. Guna memperkecil biaya dan waktu seringkali tidak seluruh anggota kelompok diambil namun hanya sebagian saja. Sebagian anggota kelompok yang dianggap representatif atau yang mewakili inilah yang disebut sampel. Adapun cara pengamatan sebagian anggota kelompok ini lazim disebut sampling.

2.6.1 Penyajian Data Statistik

Data yang dikumpulkan, baik data yang diperoleh dari populasi secara menyeluruh maupun sampel akan digunakan untuk analisis lebih lanjut. Data tersebut perlu disusun dan disajikan dalam bentuk yang sederhana yaitu jelas dan mudah dimengerti. Pada umumnya penyajian data yang sering digunakan adalah dalam tabel dan grafik/diagram.

Jenis-jenis grafik atau yang secara umum dikatakan sebagai diagram diantaranya adalah:

- Diagram garis (line chart)
- Diagram batang (bar chart)
- Diagram lingkaran (pie chart)
- Diagram pencar (scatter chart)

2.6.2 Analisis Korelasi Dengan Menggunakan Software SPSS Statisic

SPSS adalah sebuah program komputer yang digunakan untuk membuat analisis statistika. SPSS dipublikasikan oleh SPSS Inc. Program ini adalah salah satu software atau tools untuk menganalisis stastistika seperti regresi maupun korelasi. Awalnya SPSS hanya digunakan untuk ilmu sosial, tapi perkembangannya digunakan untuk berbagai disiplin ilmu sehingga kepanjangannya berubah menjadi “*Statistical Product and Service Solution*” (Nisfiannoor, 2009).

Statistik yang termasuk software dasar SPSS:

- Statistik Deskriptif: Tabulasi Silang, Frekuensi, Deskripsi, Penelusuran, Statistik Deskripsi Rasio
- Statistik Bivariat: Rata-rata, t-test, ANOVA, Korelasi (bivariat, parsial, jarak), Nonparametric tests
- Prediksi Hasil Numerik: Regresi Linear
- Prediksi untuk mengidentivikasi kelompok: Analisis Faktor, Analisis Cluster (two- step, K-means, hierarkis), Diskriminan.

SPSS dapat membaca berbagai jenis data atau memasukkan data secara langsung ke dalam SPSS Data Editor. Bagaimanapun struktur dari file data mentahnya, maka data dalam Data Editor SPSS harus dibentuk dalam bentuk baris (cases) dan kolom (variables). Case berisi informasi untuk satu unit analisis, sedangkan variable adalah informasi yang dikumpulkan dari masing-masing kasus. Hasil-hasil analisis muncul dalam SPSS Output Navigator. Kebanyakan prosedur Base System menghasilkan pivot tables, dimana kita bisa memperbaiki tampilan dari keluaran yang diberikan oleh SPSS. Untuk memperbaiki output,

maka kita dapat memperbaiki output sesuai dengan kebutuhan. Beberapa kemudahan yang lain yang dimiliki SPSS dalam pengoperasiannya adalah karena SPSS menyediakan beberapa fasilitas seperti berikut ini:

- **Data Editor.** Merupakan jendela untuk pengolahan data. Data editor dirancang sedemikian rupa seperti pada aplikasi-aplikasi spreadsheet untuk mendefinisikan, memasukkan, mengedit, dan menampilkan data.
- **Viewer.** Viewer mempermudah pemakai untuk melihat hasil pemrosesan, menunjukkan atau menghilangkan bagian-bagian tertentu dari output, serta memudahkan distribusi hasil pengolahan dari SPSS ke aplikasi-aplikasi yang lain.
- **Multidimensional Pivot Tables.** Hasil pengolahan data akan ditunjukkan dengan multidimensional pivot tables. Pemakai dapat melakukan eksplorasi terhadap tabel dengan pengaturan baris, kolom, serta layer. Pemakai juga dapat dengan mudah melakukan pengaturan kelompok data dengan melakukan splitting tabel sehingga hanya satu group tertentu saja yang ditampilkan pada satu waktu.
- **High-Resolution Graphics.** Dengan kemampuan grafikal beresolusi tinggi, baik untuk menampilkan pie charts, bar charts, histogram, scatterplots, 3-D graphics, dan yang lainnya, akan membuat SPSS tidak hanya mudah dioperasikan tetapi juga membuat pemakai merasa nyaman dalam pekerjaannya.
- **Database Access.** Pemakai program ini dapat memperoleh kembali informasi dari sebuah database dengan menggunakan Database Wizard yang disediakan.
- **Data Transformations.** Transformasi data akan membantu pemakai memperoleh data yang siap untuk dianalisis. Pemakai dapat dengan mudah melakukan subset data, mengkombinasikan kategori, add, agregat, merge, split, dan beberapa perintah transpose files, serta yang lainnya.

- **Electronic Distribution.** Pengguna dapat mengirimkan laporan secara elektronik menggunakan sebuah tombol pengiriman data (e-mail) atau melakukan export tabel dan grafik ke mode HTML sehingga mendukung distribusi melalui internet dan intranet.
- **Online Help.** SPSS menyediakan fasilitas online help yang akan selalu siap membantu pemakai dalam melakukan pekerjaannya. Bantuan yang diberikan dapat berupa petunjuk pengoperasian secara detail, kemudahan pencarian prosedur yang diinginkan sampai pada contoh-contoh kasus dalam pengoperasian program ini.
- **Akses Data Tanpa Tempat Penyimpanan Sementara.** Analisis file-file data yang sangat besar disimpan tanpa membutuhkan tempat penyimpanan sementara. Hal ini berbeda dengan SPSS sebelum versi 11.5 dimana file data yang sangat besar dibuat temporary filenya.
- **Interface dengan Database Relasional.** Fasilitas ini akan menambah efisiensi dan memudahkan pekerjaan untuk mengekstrak data dan menganalisisnya dari database relasional.
- **Analisis Distribusi.** Fasilitas ini diperoleh pada pemakaian SPSS for Server atau untuk aplikasi multiuser. Kegunaan dari analisis ini adalah apabila peneliti akan menganalisis file-file data yang sangat besar dapat langsung me-remote dari server dan memprosesnya sekaligus tanpa harus memindahkan ke komputer user.
- **Multiple Sesi.** SPSS memberikan kemampuan untuk melakukan analisis lebih dari satu file data pada waktu yang bersamaan.
- **Mapping.** Visualisasi data dapat dibuat dengan berbagai macam tipe baik secara konvensional atau interaktif, misalnya dengan menggunakan tipe bar, pie atau jangkauan nilai, simbol gradual, dan chart (Modul Pembelajaran SPSS, 2014).

Perhitungan analisis korelasi dalam program SPSS juga memperhatikan data yang akan dianalisis. Data yang berskala interval dan atau rasio (bersifat kuantitatif/parametrik) tipe analisis korelasi yang digunakan adalah **Pearson Correlation** atau istilahnya **Product Moment Correlation**. Sedangkan untuk

yang berskala ordinal kita gunakan Spearman Correlation (Statistik Non-Parametrik). Analisis korelasi ada dua jenis yaitu analisis korelasi sederhana (bivariat) dan analisis korelasi Parsial. Analisis korelasi product moment termasuk analisis bivariat yang bertujuan mencari penyelesaian secara statistik mengenai keeratan (kuat-lemahnya) hubungan dari dua variabel. Kedua variabel yaitu variabel bebas (independent) dan variabel terikat (dependent). Perhitungan korelasi product moment mensyaratkan bahwa populasi maupun sampel berasal dari dua varian yang berdistribusi normal.

Korelasi product moment (korelasi Pearson) banyak digunakan untuk mengukur korelasi data yang berskala interval atau rasio. Hasil analisis korelasi product moment akan memperoleh hasil koefisien korelasi sebesar (r) yang selanjutnya untuk mengetahui kuat-lemahnya hubungan (korelasi) akan dikonsultasikan pada kategori berikut. Interpretasi angka korelasi menurut Sugiyono (2007):

- a. $0 - 0,199$: Sangat Lemah
- b. $0,20 - 0,399$: Lemah
- c. $0,40 - 0,599$: Sedang
- d. $0,60 - 0,799$: Kuat
- e. $0,80 - 1,000$: Sangat Kuat

Dalam model hubungan (korelasi) product moment terdapat 3 (tiga) macam sifat hubungan yang bisa terjadi, antara yaitu:

1. Hubungan Positif, artinya semakin meningkatnya variabel bebas (independent variable) akan diikuti oleh semakin meningkatnya variabel terikat (dependent variable).
2. Tidak Ada Hubungan, artinya variabel terikat (dependent variable) tidak akan mengalami perubahan walaupun variabel bebas (independent variable) mengalami perubahan.
3. Hubungan Negatif. artinya semakin meningkatnya variabel bebas (independent variable) akan diikuti oleh semakin menurunnya variabel terikat (dependent variable).

Korelasi parsial (*Parsial correlation*) merupakan perluasan dari korelasi sederhana atau korelasi *pearson*. Jika korelasi sederhana melibatkan satu variabel terikat (*dependent*) dan satu variabel bebas (*independent*), maka korelasi parsial melibatkan lebih dari satu variabel bebas dan satu variabel terikat. Variabel bebas terbagi atas dua penggunaan yaitu satu variabel bebas sebagai yang memiliki hubungan dengan variabel terikat. Variabel bebas yang lainnya sebagai variabel kontrol dimana variabel ini diduga mempengaruhi hubungan antara satu variabel bebas dan satu variabel terikat. Analisis korelasi parsial merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi kuat lemahnya hubungan antar variabel bebas dan variabel terikat, dimana variabel bebas lainnya dikontrol atau dianggap berpengaruh (Irianto, 2006).

Signifikansi hasil korelasi adalah output berikutnya dari program SPSS yang menguji apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan. Adapun hipotesisnya dinyatakan sebagai berikut:

H₀: Tidak ada hubungan (korelasi) antara dua variabel

H_i: Ada hubungan (korelasi) antara dua variabel

Uji dilakukan dua sisi karena akan dicari ada atau tidak ada hubungan/korelasi dan bukan lebih besar/kecil.

Dasar pengambilan keputusan:

- Berdasarkan nilai signifikansi
 - Jika nilai signifikansi > 0,05 maka H₀ diterima
 - Jika nilai signifikansi < 0,05 maka H₀ ditolak
- Berdasarkan tanda * yang diberikan software komputer

Signifikan tidaknya korelasi dua variabel bisa dilihat dari adanya tanda * pada pasangan data yang dikorelasikan. Bila pasangan data tersebut bertanda * maka disimpulkan kedua variabel tersebut berkorelasi secara signifikan (Santoso, 1999).

2.7 Kondisi Eksisting PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

PDAM Surya Sembada Kota Surabaya sebagai Perusahaan Daerah Milik Pemerintah Kota Surabaya. Perusahaan ini mendapatkan mandat dari Pemerintah Kota Surabaya untuk melaksanakan pelayanan kebutuhan air minum di wilayah

kota Surabaya. Hal ini sesuai dengan PP RI No. 16 tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum dan Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 2 tahun 2009 tentang PDAM.

Kapasitas desain/terpasang sistem produksi PDAM Surya Sembada pada tahun 2010 mencapai 10.830 liter/detik namun baru dimanfaatkan 8.487 liter/detik. Sehingga ada kapasitas yang belum dimanfaatkan sebesar 2.343 liter/detik. Hal ini disebabkan Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Karangpilang III baru selesai dibangun dan dioperasikan pada bulan Juli tahun 2010.

Sistem transmisi PDAM Surya Sembada sudah direncanakan dan dipasang untuk mengalirkan air hasil produksi ke reservoir dan wilayah pelayanan distribusi yang terdiri dari 5 zona pelayanan. Pipa transmisi yang telah terpasang terdiri dari pipa diameter 600 mm – 1500 mm. Sistem distribusi terbagi dalam 5 zona pelayanan (Supply Zona), yaitu zona I, zona II, zona III, zona IV dan Zona V. Kelima zona tersebut dipakai sebagai pedoman untuk mempermudah pengelolaan wilayah pelayanan. Sedangkan sistim distribusi didukung oleh jaringan perpipaan dengan berbagai ukuran, yaitu :

- Pipa Primer Utama : diameter 600 mm dan yang lebih besar
- Pipa Sekunder : diameter 200 mm – 500 mm
- Pipa Tersier : diameter 80 mm – 150 mm

Wilayah pelayanan PDAM Surya Sembada mencakup wilayah Kota Surabaya dan pelayanan luar kota (Pasuruan, Sidoarjo dan Gresik). Tahun 2010 cakupan pelayanan PDAM Surya Sembada di Kota Surabaya mencapai 79.41 % dari total penduduk Kota Surabaya. Pelayanan sambungan air minum ini oleh PDAM melalui sambungan langsung dan kran umum. Tahun 2016 terjadi peningkatan cakupan pelayanan PDAM Surabaya menjadi 95,51% (547.819 SR).

Lokasi yang digunakan dalam studi penelitian ini adalah zona 2 wilayah pelayanan PDAM dengan daerah di Surabaya bagian timur. Zona 2 merupakan salah satu zona wilayah pelayanan terbesar karena luas cakupan areanya juga besar. Zona 2 terdapat 28 sub zona dengan dilayani oleh 3 instalasi pelayanan yaitu IPAM Ngagel I, IPAM Ngagel III, dan IPAM Karangpilang III. Fokus

penelitian hanya pada sub zona yang dilayani IPAM Ngagel III karena pelayanan IPAM Ngagel III paling banyak dan sub zonanya bisa dibandingkan karena ada perbedaan jarak antara sub zona yang dekat dan yang jauh dari IPAM. Adapun pelayanan PDAM Surya Sembada sesuai zona wilayahnya dapat dilihat dari peta pelayanannya pada Gambar 2.2.

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini adalah penelitian tentang identifikasi kebocoran air pada sistem perpipaan PDAM Surabaya. Penelitian ini menggunakan parameter laju penurunan chlorine dan laju pertumbuhan bakteri Coliform yang dilakukan oleh Finansyah (2003). Kesimpulan penelitiannya menunjukkan bahwa ada keterkaitan antara sisa Chlor dengan bakteri Coliform. Dimana laju penurunan kadar chlorine dan laju pertumbuhan kembali bakteri coli semakin besar pada pipa yang bocor, dibanding pipa yang tidak bocor. Penelitian tersebut menunjukkan adanya hubungan antara kadar chlorine (sisa chlor) dengan bakteri Coliform.

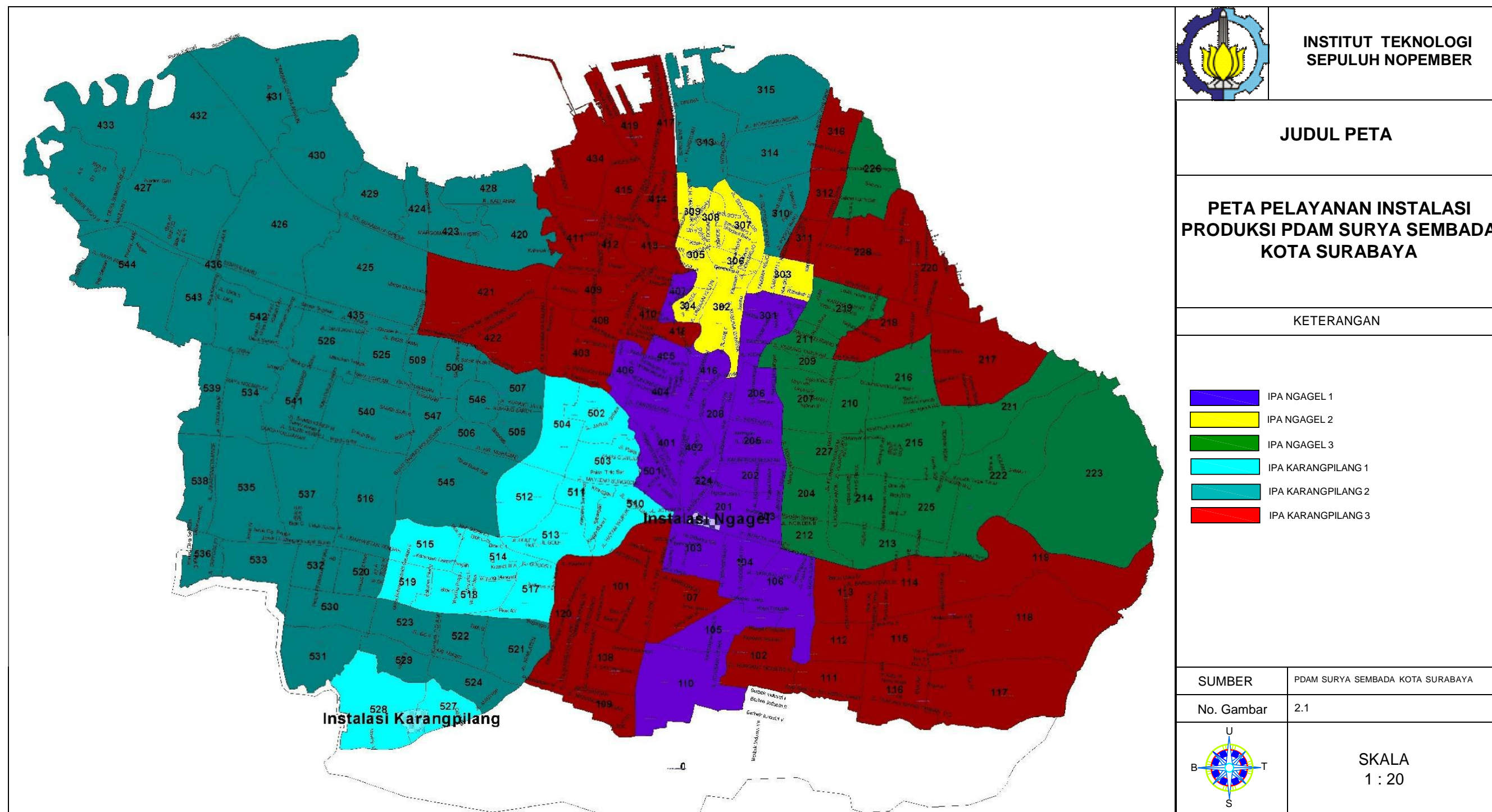
Penelitian tentang hubungan bakteri Coliform dengan tekanan pernah dilakukan oleh Supi'i (2001) hanya pada lingkup tekanan rendah di IPAM Ngagel III Surabaya dan hubungannya berkaitan dengan kebocoran pipa. Kesimpulan penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem distribusi yang mempunyai tekanan rendah, dimungkinkan mempunyai kualitas air yang rendah akibat dari masuknya kontaminan pada kebocoran pipa, pergantian aliran, dan pemompaan langsung. Kesimpulan penelitian menjelaskan bahwa ada pengaruh dari kebocoran air terhadap keberadaan bakteri Coliform dalam pipa yang ditunjukkan dengan tekanan yang rendah.

Penelitian tentang hubungan bakteri Coliform dengan kekeruhan dan sisa Chlor di jaringan distribusi Ngagel III pernah dilakukan oleh Prawito (1991) dengan kesimpulan bahwa semakin bertambah jarak dari instalasi tidak ada hubungan perubahan kekeruhan dalam sampel air minum, namun ada hubungan negatif yaitu penurunan konsentrasi sisa Chlor dan sebaliknya hubungan positif yaitu perubahan kandungan bakteri Coliform yang diterima konsumen.

Hubungan bakteri Coliform dengan parameter kekeruhan yang ditunjukkan dengan pengaruh dari kebocoran air dijelaskan dalam penelitian Rogers (2013). Penelitian tersebut menjelaskan bahwa kebocoran air ekstrim menyebabkan gangguan dalam pasokan air ke pelanggan, serta mampu menimbulkan kerusakan dalam pipa dan kualitas air. Kualitas ini ditunjukkan dengan parameter bakteri Coli dan kekeruhan karena merupakan parameter kunci dalam air minum.

Faktor kebocoran air juga dapat mengaitkan hubungan antara tekanan dan bakteri Coliform. Kebocoran air dapat terjadi karena rendahnya tekanan yang menimbulkan instruksi terhadap pipa sehingga pipa rusak atau bocor (Fontanaza 2015), oleh karena itu kebocoran air diindikasikan dapat membawa senyawa-senyawa organik atau substrat yang dapat menumbuhkan bakteri Coliform dalam sistem perpipaan.

Penelitian tentang hubungan bakteri Coliform dengan sisa Chlor juga dilakukan oleh Widiastuti (2017). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai korelasi antara sisa khlor dengan bakteri Coliform yaitu -0,818 yang berarti memiliki hubungan yang sangat kuat. Hasil menunjukkan bahwa semakin berkurang atau semakin kecil nilai sisa khlor dapat menyebabkan jumlah bakteri Coliform semakin banyak.



Gambar 2.2 Peta Pelayanan Instalasi Produksi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

Sumber: PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, 2016

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Penyusunan kerangka penelitian bertujuan untuk mengetahui segala sesuatu yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian ini. Kerangka penelitian disusun dengan tujuan:

- Sebagai gambaran awal mengenai tahapan-tahapan penelitian secara sistematis agar pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan menjadi sistematis.
- Mengetahui tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam penelitian, dari awal penelitian sampai penulisan laporan thesis.
- Memudahkan dalam mengetahui hal-hal yang berkorelasi dengan melaksanakan penelitian demi tercapainya tujuan penelitian.

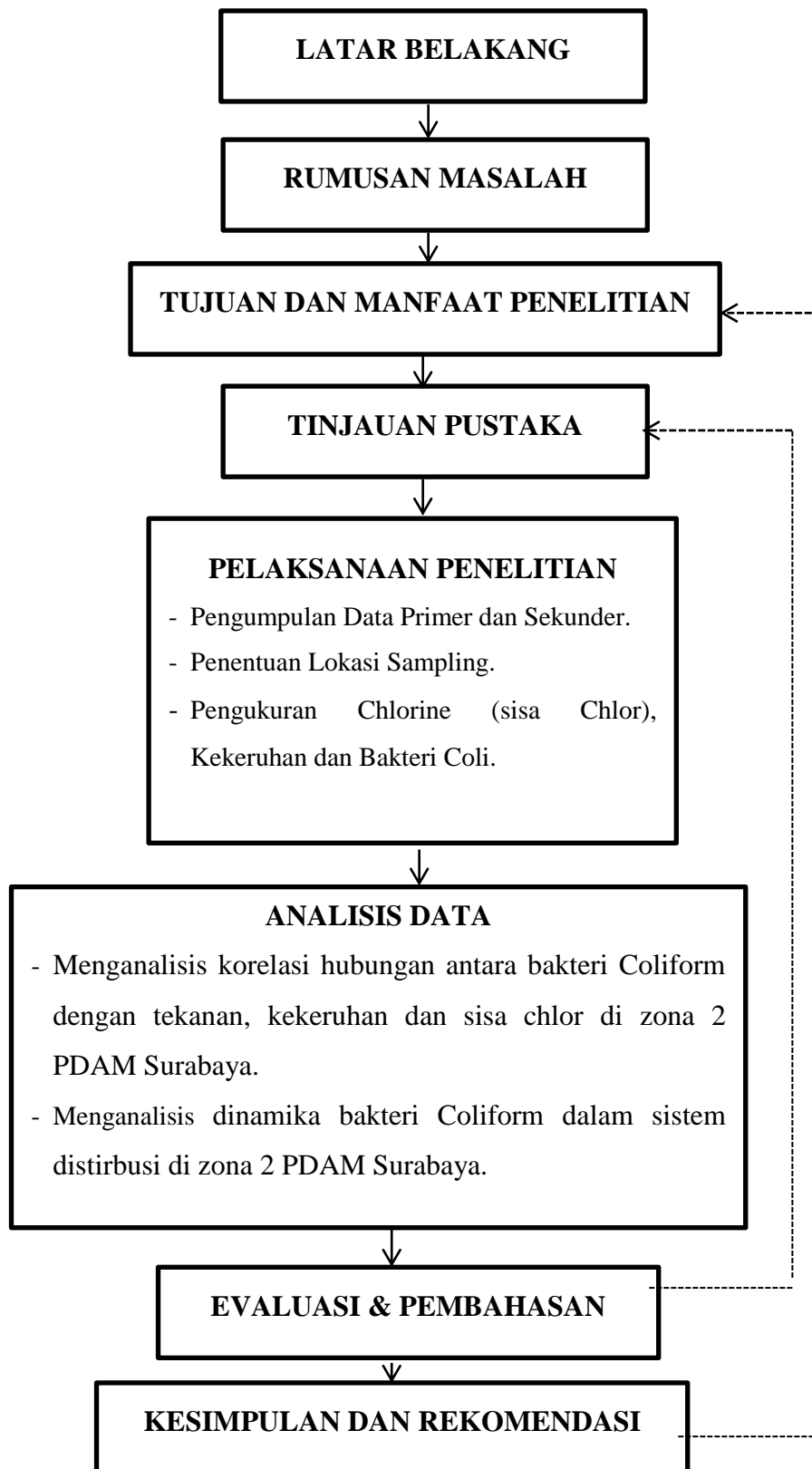
Memperkecil dan menghindari terjadinya kesalahan-kesalahan selama melakukan penelitian.

Semua tahapan proses metodologi yang digunakan dalam penyusunan penelitian ini, maka dapat dibuatkan sistematika berupa bagan alir seperti pada Gambar 3.1.

3.2 Pendahuluan

Bab pendahuluan berisi tentang latar belakang permasalahan air minum di Indonesia terutama di kota Surabaya. Air minum kota Surabaya dikelola oleh PDAM Surya Sembada dan cakupan pelayanannya sudah mencapai 95,51%, namun masing terdapat kebocoran air sebesar 27% pada tahun 2016. Kebocoran air diindikasikan dari tekanan dalam sistem distribusi.

Kebocoran air dapat membawa kontaminan dari luar masuk ke pipa yang dapat mempengaruhi kekeruhan dan bakteri Coliform didalam pipa. Oleh karena itu penelitian ini mengkaji hubungan antara tekanan, kekeruhan dan sisa chlor terhadap jumlah bakteri Coliform dalam sistem distribusi.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kajian teori hubungan bakteri Coliform dengan parameter tekanan, kekeruhan, dan sisa Chlor. Sub pokok bahasan antara lain: kontaminasi mikroorganisme pada jaringan, proses desinfeksi pada sistem distribusi, pertumbuhan kembali bakteri, keterkaitan bakteri coliform dengan kekeruhan akibat kebocoran air serta indikasi kebocoran air terhadap bakteri coliform dari parameter tekanan.

Tinjauan pustaka juga berisi teori analisis statistik, kondisi eksisting PDAM Surya Sembada kota Surabaya dan penelitian-penelitian terdahulu. Sumber tinjauan pustaka diambil dari buku, jurnal nasional maupun internasional, kajian penelitian terdahulu serta data-data sekunder yang sudah didapatkan.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

➤ Pengumpulan Data Primer dan Sekunder

Data primer yang digunakan dalam penelitian adalah pengambilan sampel air di zona 2 PDAM kota Surabaya dengan menggunakan kategori tekanan, sisa Chlor dan kekeruhan sebanyak 9 titik lokasi. Pengambilan sampel untuk kategori tekanan yang digunakan yaitu subzona dengan tekanan dibawah 2m, antara 2-5m dan diatas 5m. Pengambilan sampel untuk sisa Chlor yang digunakan yaitu subzona dengan sisa chlor 0 mg/L, 0-0,2 mg/L dan diatas 0,2 mg/L. Pengambilan sampel untuk kekeruhan dengan kategori nilai kekeruhan dibawah 1,0 NTU, 1,0 NTU dan diatas 1,0 NTU. Pengambilan dilakukan 2 kali dimasing-masing titik dan dilakukan pada pagi hari jam 6-7 pagi saat pemakaian air jam puncak dan siang hari jam 1-2 siang saat pemakaian air normal. Sampel yang sudah diambil nantinya akan diuji di laboratorium untuk mengetahui nilai Chlorine (sisa Chlor), bakteri Coliform, dan Kekeruhannya.

Data sekunder terdiri dari data kondisi eksisting PDAM Surya Sembada Kota Surabaya berupa data-data kapasitas IPA, pipa jaringan distribusi, data sistem distribusi kota Surabaya 2 tahun terakhir, data-data lain yang terkait. Data ini dapat diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan PDAM Surya Sembada.

➤ **Penentuan Lokasi Sampling**

Lokasi pengambilan sampling di titik lokasi studi yang mewakili dari zona 2 wilayah pelayanan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Lokasi sampel untuk tekanan berdasarkan tekanan untuk kategori rendah (tekanan dibawah 2m), sedang (tekanan antara 2-5m) dan tinggi (tekanan diatas 5m). Sampel untuk sisa Chlor berdasarkan sisa Chlor dengan kategori sisa chlor 0 mg/L, 0-0,2 mg/L dan diatas 0,2 mg/L. Sampel untuk kekeruhan berdasarkan nilai kekeruhan dibawah 1,0 NTU, 1,0 NTU dan diatas 1,0 NTU. Lokasi sampling dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Gambar 3.2.

Tabel 3.1 Lokasi Sampling Data Primer

Sampel	Kategori	Subzona	Kecamatan	Kelurahan
Tekanan	Rendah	215	Sukolilo	Gebang Putih
		219	Tambaksari	Ploso
		226	Kenjeran	Tanah kali kedinding
	Sedang	210	Mulyorejo	Mulyorejo
		211	Tambaksari	Pacar Kembang
		216	Mulyorejo	Mulyorejo
	Tinggi	212	Sukolilo	Nginden Jangkungan
		204	Sukolilo	Menur Pumpungan
		227	Mulyorejo	Manyar Sabrangan
Sisa Chlor	0 mg/L	215	Sukolilo	Gebang Putih
		219	Tambaksari	Ploso
		226	Kenjeran	Tanah kali kedinding
	0-0,2 mg/L	210	Mulyorejo	Mulyorejo
		211	Tambaksari	Pacar Kembang
		216	Mulyorejo	Mulyorejo
	> 0,2 mg/L	212	Sukolilo	Nginden Jangkungan
		204	Sukolilo	Menur Pumpungan
		227	Mulyorejo	Manyar Sabrangan
Kekeruhan	> 1,0 NTU	215	Sukolilo	Gebang Putih
		219	Tambaksari	Ploso
		226	Kenjeran	Tanah kali kedinding

Sampel	Kategori	Subzona	Kecamatan	Kelurahan
	1,0 NTU	210	Mulyorejo	Mulyorejo
		211	Tambaksari	Pacar Kembang
		216	Mulyorejo	Mulyorejo
	< 1,0 NTU	212	Sukolilo	Nginden Jangkungan
		204	Sukolilo	Menur Pumpungan
		227	Mulyorejo	Manyar Sabrangan

➤ **Pengukuran Chlorine (sisa Chlor), Kekeruhan dan Bakteri Coliform**

Pengukuran konsentrasi Chlor menggunakan metoda Iodometri karena metode tersebut mempunyai nilai akurasi yang baik dan mampu mengukur konsentrasi Chlor yang rendah. Pengukuran parameter kekeruhan menggunakan metode turbidity. Pengukuran adanya bakteri Coliform menggunakan metode MPN. Pengukuran dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITS.

3.5 Analisis dan Pembahasan

Tahapan ini adalah tahapan analisis data dan pembahasan yang meliputi antara lain:

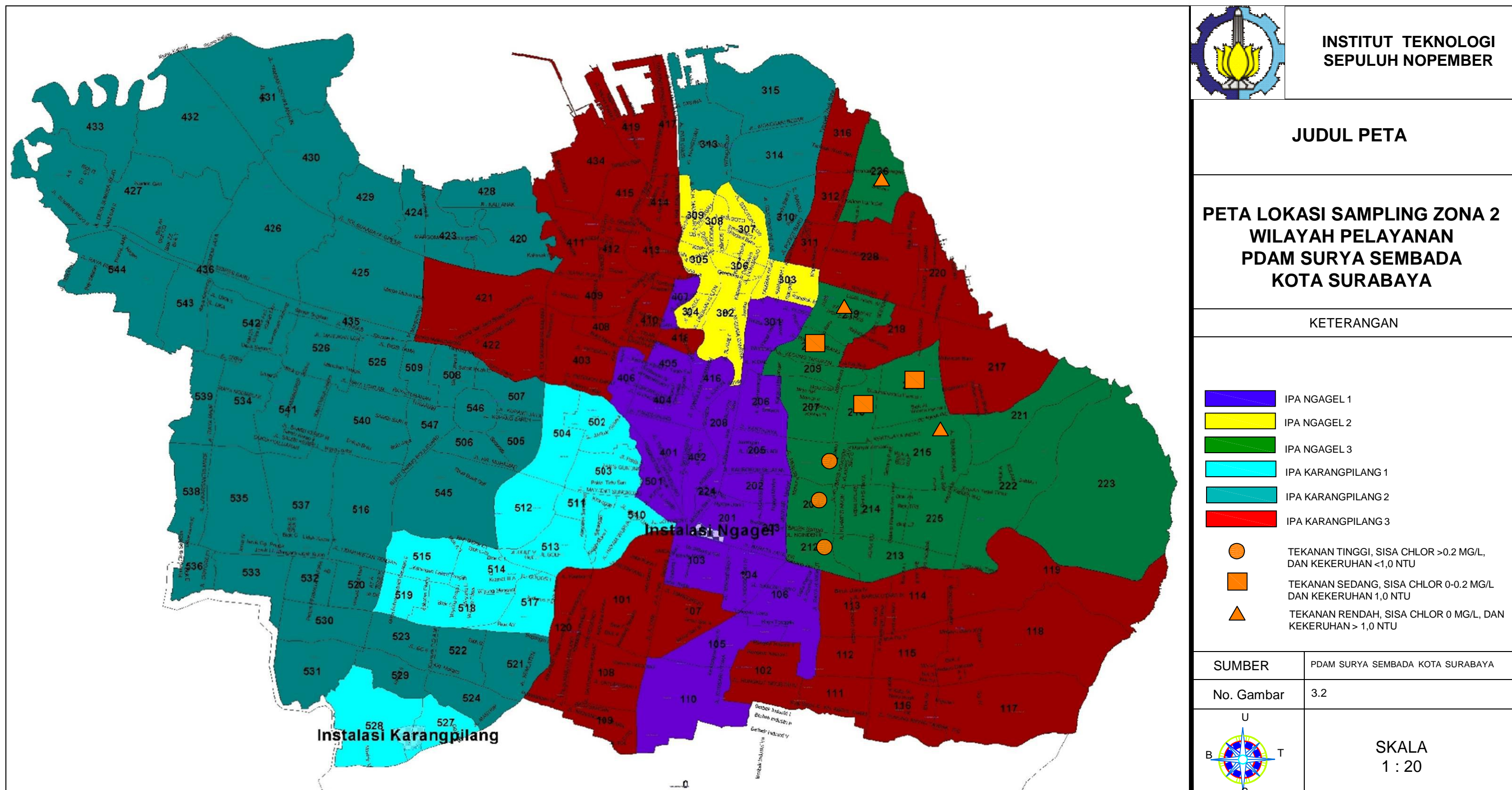
- Menganalisis hubungan tekanan, kekeruhan, dan sisa Chlor terhadap bakteri Coliform di zona 2 PDAM Surabaya.
- Menganalisis dinamika bakteri Coliform dalam sistem distribusi di zona 2 PDAM Surabaya.

Analisis korelasi menggunakan program IBM SPSS Statistic 24 dimana nilai korelasi yang dianalisis menggunakan satu variabel dengan analisis korelasi sederhana.

3.6 Kesimpulan dan Rekomendasi

Tahapan ini merupakan tahapan klimaks atau akhir dari penelitian, hasil dari tahapan analisis dan pembahasan sebelumnya. Pembahasan akan dirangkum dan disimpulkan di tahapan ini serta muncul solusi-solusi sebagai bahan pertimbangan bagi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

Halaman ini sengaja dikosongkan



Gambar 3.2 Peta Lokasi Sampling Zona 2 Wilayah Pelayanan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis data antara bakteri Coliform dengan tekanan

Analisis data tekanan dengan bakteri Coliform yang dikaji dalam penelitian ini adalah dengan membagi daerah penelitian menjadi tiga bagian yaitu daerah dengan tekanan rendah, sedang dan tinggi. Daerah tekanan rendah ditunjukkan dengan tekanan dibawah 2m, untuk daerah tekanan sedang ditunjukkan dengan tekanan 2-5m dan daerah tekanan tinggi ditunjukkan dengan tekanan diatas 5m. Kategori pembagian daerah tekanan sesuai metode pada bab 3 berdasarkan data PDAM tahun 2016 dapat dilihat pada Gambar 4.1. Gambar tersebut menunjukkan kondisi tekanan pada zona 2 wilayah pelayanan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

Analisis data yang menggunakan dua sumber data yaitu data sekunder yang berasal dari PDAM dan data primer hasil sampling. Data-data yang disajikan merupakan hasil kontrol tekanan dari PDAM selama satu tahun terakhir yaitu tahun 2016. Data sampling yang disajikan adalah data tekanan pada waktu sampling air. Fokus analisa dan pembahasan dijelaskan tiap daerah sesuai pembagian kategori diatas. Analisa data ini dilakukan dengan membandingkan kondisi tekanan pada tiap sub zona dalam satu daerah kategori tekanan. Analisa juga dikaitkan dengan penelitian terdahulu yang menghubungkan antara parameter tekanan dan bakteri coliform.

4.1.1 Daerah tekanan rendah

Daerah dengan tekanan rendah yang berada di zona 2 wilayah pelayanan PDAM sesuai dengan Gambar 4.1 yaitu sub zona 215, 219, dan 226. Ketiga sub zona tersebut dari data PDAM tahun 2016 tekanannya rata-rata dibawah 2m. Hal ini disebabkan ketiga sub zona tersebut yang jaraknya paling jauh dari Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Ngagel III. Masing-masing sub zona tersebut terdapat meter induk di pipa sekunder yang merupakan lokasi pengecekan dan pengontrolan tekanan di sub zonanya. Data tekanan dan bakteri Coliform pada sub zona 215, 219, dan 226 dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1 Data tekanan dan bakteri Coliform sub zona 215, 219, dan 226 tahun 2016

Bulan	Sub Zona					
	215		219		226	
	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100 ml)	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100 ml)	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100 ml)
Januari	2,5	43	2	93	2	9
Februari	1,9	4	2	0	2	0
Maret	1,5	0	2	0	2	93
April	1,5	460	2	0	2	21
Mei	1	0	1	0	1	4
Juni	1	0	1,5	93	1,5	240
Juli	1	0	1	0	1	460
Agustus	1	75	1	43	1	21
September	1	460	1,3	23	1,3	4
Oktober	1	0	1,5	0	1,5	0
Nopember	1,3	0	1,7	210	1,7	9
Desember	1	0	1,5	0	1,5	75
Rata2	1,31	86,83	1,54	38,5	1,54	78

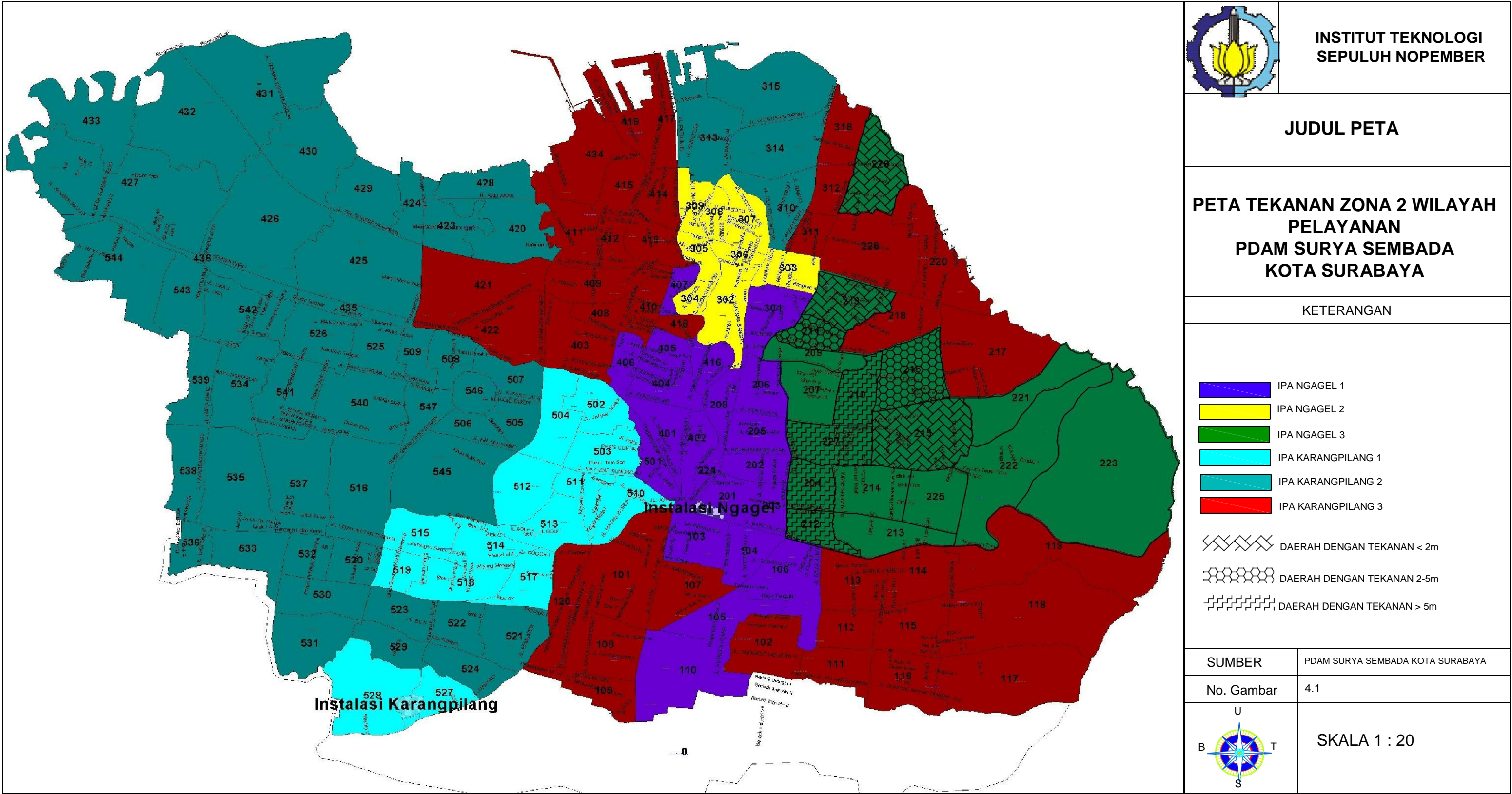
Sumber: Data PDAM, 2016

Tabel 4.2 Data sampling tekanan dan bakteri Coliform sub zona 215, 219, dan 226

Pengambilan	Sub Zona					
	215		219		226	
	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100 ml)	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100 ml)	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100 ml)
Pagi	1,7	170	1,5	1600	1,5	500
Siang	2,7	2	2,3	900	2,3	17

Sumber: Hasil Analisa, 2017

Tabel 4.1 berdasarkan data PDAM menjelaskan bahwa nilai tekanan dari bulan Januari hingga Desember berfluktuatif dengan nilai maksimum tekanan 2,5 meter. Nilai rata-rata tekanan pada sub zona 215 pada tahun 2016 adalah 1,31 meter. Nilai ini merupakan nilai rata-rata tekanan terendah dari ketiga sub zona di daerah tekanan rendah. Nilai tekanan yang rendah pada sub zona 215 juga diikuti dengan nilai rata-rata bakteri coliform yang tinggi.



Gambar 4.1 Peta Tekanan Zona 2 Wilayah Pelayanan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

Halaman ini sengaja dikosongkan

Sedangkan pada Tabel 4.2 data sampling nilai tekanan tertinggi pada sub zona 215 dan kandungan bakteri tertinggi dengan nilai 1600 per 100 ml pada sub zona 219. Keberadaan bakteri Coliform yang tinggi ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Supi'i (2001) bahwa distribusi dengan tekanan rendah mempunyai kualitas yang rendah akibat adanya kontaminan yang masuk dari kebocoran pipa. Sub zona 219 dan 226 mempunyai nilai rata-rata tekanan lebih rendah daripada sub zona 215. Penelitian Fontanaza (2015) juga mengemukakan bahwa rendahnya tekanan yang bisa menimbulkan instruksi terhadap pipa sehingga pipa rusak atau bocor, sehingga berdasarkan kedua penelitian tersebut tekanan yang rendah dapat menyebabkan kebocoran pipa dan mengakibatkan kontaminan masuk yang mempengaruhi kandungan bakteri Coliform didalam perpipaannya.

4.1.2 Daerah tekanan sedang

Pembahasan selanjutnya yaitu daerah dengan tekanan sedang. Sub zona yang ditunjukkan Gambar 4.1 dalam kategori tekanan sedang adalah sub zona 211 dan 216. Kondisi daerah tekanan sedang mempunyai nilai rata-rata tekanan diatas 2 meter hingga 5 meter. Kedua sub zona tersebut selama setahun kemarin nilai rata-rata tekanannya masuk dalam kategori daerah dengan tekanan sedang. Data tekanan dan bakteri Coliform PDAM pada sub zona 211 dan 216 dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan 4.4.

Tabel 4.3 Data tekanan dan bakteri Coliform sub zona 211 dan 216 tahun 2016

Bulan	Sub Zona			
	211		216	
	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100ml)	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100ml)
Januari	2,6	0	2,5	0
Februari	3	4	2,5	0
Maret	2,5	0	3	0
April	2,5	0	3	0
Mei	2,5	4	2,5	0
Juni	2,5	150	2,5	150
Juli	1,5	4	2	9
Agustus	1,5	93	2,5	43
September	1,5	43	2,8	460
Oktober	1,9	4	2,5	0
Nopember	1,7	93	2,7	0

Bulan	Sub Zona			
	211		216	
	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100ml)	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100ml)
Desember	1	23	3	9
Rata2	2,06	34,83	2,63	55,92

Sumber: Data PDAM, 2016

Tabel 4.4 Data sampling tekanan dan bakteri Coliform sub zona 211 dan 216

Pengambilan	Sub Zona			
	211		216	
	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100ml)	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100ml)
Pagi	1,5	90	2,5	90000
Siang	2	30	2,5	300

Sumber: Hasil Analisa, 2017

Tabel 4.3 menjelaskan bahwa kondisi tekanan pada sub zona 211 sangatlah berfluktuatif dimana nilai tekanan berkisar antara 1-3 meter dengan nilai maksimum tekanan pada sub zona 3 meter yang terjadi pada bulan Februari. Kandungan bakteri Coliform pada sub zona 211 dengan nilai maksimum 150 per 100 ml sampel. Rata-rata nilai tekanan sub zona 211 masih dibawah 216 namun tidak berbeda jauh. Hal ini dikarenakan kedua sub zona ini lokasinya berdekatan. Kandungan bakteri Coliform sub zona 216 rata-ratanya lebih tinggi dibandingkan 215 dengan nilai maksimumnya 460 per 100 ml sampel.

Tabel 4.4 juga menjelaskan bahwa kondisi tekanan saat pagi dan siang berbeda karena pemakaiannya. Pagi hari bisa disebut jam puncak pemakaian sedangkan siang hari saat normal pemakaian airnya. Kandungan bakteri coliform dari hasil sampling menunjukkan bahwa sub zona 216 lebih tinggi dari sub zona 211 meskipun nilai tekanannya juga tinggi. Analisa data pada daerah ini menunjukkan bahwa hubungan antara tekanan dengan bakteri coliform searah. Semakin tinggi tekanan semakin tinggi pula jumlah bakteri Coliformnya. Kondisi ini berbeda dengan daerah tekanan tinggi pada penjelasan sebelumnya.

4.1.3 Daerah tekanan tinggi

Sub zona kategori daerah dengan tekanan tinggi sesuai Gambar 4.1 adalah sub zona 212, 204, 227, dan 210. Keempat Sub zona di daerah ini mempunyai nilai tekanan sangat tinggi dibandingkan sub zona-sub zona lain di zona 2 karena

jarak sub zona dengan instalasi lebih dekat. Nilai rata tekanan dalam setahun pada keempat sub zona tersebut berada diatas 5 meter. Faktor jarak sangat mempengaruhi tekanan hal ini terlihat dari keberadaan 4 sub zona ini yang lebih dekat daripada sub zona-sub zona lainnya. Data tekanan dan bakteri Coliform pada sub zona 212, 204, 227, dan 210 dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data tekanan dan bakteri Coliform sub zona 212, 204, 227 dan 210 tahun 2016

Bulan	Sub Zona							
	212		204		227		210	
	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100ml)	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100ml)	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100ml)	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100ml)
Januari	8	0	8	4	9	43	9	0
Februari	9	0	9	4	9	0	9	0
Maret	10	0	10	0	9	0	9	0
April	10	0	10	0	8,5	0	8,5	0
Mei	10	0	10	0	9	0	9	0
Juni	10,5	0	10,5	0	10,8	0	10,8	0
Juli	10	0	10	0	11	0	11	4
Agustus	10	0	10	0	11	0	11	4
September	10	0	10	0	11	0	11	0
Oktober	10	0	10	0	11	0	11	1100
Nopember	10,7	0	10,7	0	11,5	0	11,5	23
Desember	10	0	10	0	11	0	11	0
Rata2	9,85	0	9,85	0,67	10,15	3,58	10,15	94,25

Sumber: Data PDAM, 2016

Tabel 4.6 Data sampling tekanan dan bakteri Coliform sub zona 212, 204, 227 dan 210

Pengambilan	Sub Zona							
	212		204		227		210	
	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100ml)	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100ml)	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100ml)	Tekanan (m)	Total Coli (MPN/100ml)
Pagi	8	17000	8	27	9	500	9	2
Siang	10	90000	10	130	11	50000	11	110

Sumber: Hasil Analisa, 2017

Tabel 4.5 menjelaskan bahwa nilai rata-rata tekanan tertinggi daerah ini terjadi pada sub zona 227 dan 210 dengan nilai 10,15 meter. Nilai maksimum tekanan terjadi pada bulan Nopember 11,5 meter. Kandungan bakteri coliform pada daerah ini cenderung rendah kecuali sub zona 210 karena ada anomali nilai bakteri coliform.

Tabel 4.6 menjelaskan bahwa pada daerah tekanan tinggi ada pada sub zona 210. Kondisi ini bertolak belakang dengan hasil pada data PDAM. Kandungan bakteri coliform yang tinggi terjadi pada sub zona 212. Kandungan bakteri coliform dari keempat sub zona ini cenderung naik saat siang hari atau pemakaian normal. Adapun nilai kandungan bakteri coliform yang terlampaui tinggi dari hasil sampling karena adanya kesalahan saat pengambilan sampelnya. Kesimpulan dari analisa kedua data tersebut bahwa sistem distribusi yang mempunyai tekanan rendah rawan terhadap kebocoran air. Kebocoran ini yang bisa mempengaruhi kandungan bakteri Coliform sesuai penelitian Fontanaza (2015). Oleh karena itu sub zona pada daerah yang mempunyai tekanan tinggi, kebocoran air tidak mudah terjadi dan kandungan bakteri Coliform juga cenderung sangat rendah.

4.2 Analisis data antara bakteri Coliform dengan kekeruhan

Analisis data kekeruhan dengan bakteri Coliform yang dikaji dalam penelitian ini adalah dengan membagi daerah penelitian sesuai metodologi dalam bab 3. Kategori daerah dibagi berdasarkan nilai rata-rata kekeruhan yaitu daerah kekeruhan diatas 1,0 NTU, 1,0 NTU dan dibawah 1,0 NTU. Adapun daerah-daerah sesuai kategori pembagian tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.2. Daerah-daerah yang sudah dibagi akan dianalisis datanya dan dilakukan pembahasan.

Analisis dan pembahasan dalam parameter kekeruhan menggunakan dua sumber data yaitu data sekunder yang berasal dari PDAM dan data primer hasil sampling. Data-data yang disajikan merupakan hasil kontrol kualitas air parameter kekeruhan dari PDAM selama satu tahun terakhir yaitu tahun 2016. Data sampling yang disajikan adalah data kualitas air parameter kekeruhan dari sampel air yang diambil menurut sub zona yang sudah ditentukan. Fokus analisis dan pembahasan dijelaskan tiap daerah sesuai pembagian kategori diatas. Analisis data

ini dilakukan dengan membandingkan nilai kekeruhan pada tiap sub zona dalam satu daerah kategori kekeruhan. Analisis serta pembahasannya dikaitkan dengan penelitian terdahulu yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti.

4.2.1 Daerah kekeruhan tinggi

Analisis daerah yang kekeruhan tinggi sesuai Gambar 4.2 berdasarkan pembagian kategori kekeruhan diatas 1,0 NTU yaitu sub zona 226 dan 216. Nilai rata-rata kekeruhan pada sub zona ini berada diaatas 1,0 NTU. Kekeruhan tersebut masih dalam batas aman karena batas minum kekeruhan yaitu 5 NTU. Kedua sub zona ini merupakan sub zona dengan jarak terjauh dari instalasi. Adapun kondisi kekeruhan dan bakteri Coliform pada sub zona ini dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan 4.8.

Tabel 4.7 Data kekeruhan dan bakteri Coliform sub zona 226 dan 216 tahun 2016

Bulan	Sub Zona			
	226		216	
	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)
Januari	1,36	9	0,6	0
Februari	1,98	0	0,96	0
Maret	1,84	93	3,16	0
April	4,33	21	0,42	0
Mei	1,73	4	1,2	0
Juni	2,52	240	1,18	150
Juli	1,32	460	0,51	9
Agustus	0,96	21	1,18	43
September	0,54	4	1,91	460
Oktober	1,16	0	1,18	0
Nopember	1,16	9	0,58	0
Desember	1,24	75	1,82	9
Rata2	1,68	78	1,22	55,92

Sumber: Data PDAM, 2016

Tabel 4.8 Data sampling kekeruhan dan bakteri Coliform sub zona 226 dan 216

Pengambilan	Sub Zona			
	226		216	
	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)

Pengambilan	Sub Zona			
	226		216	
	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)
Pagi	1,18	500	4,81	90000
Siang	1,42	17	0,87	300

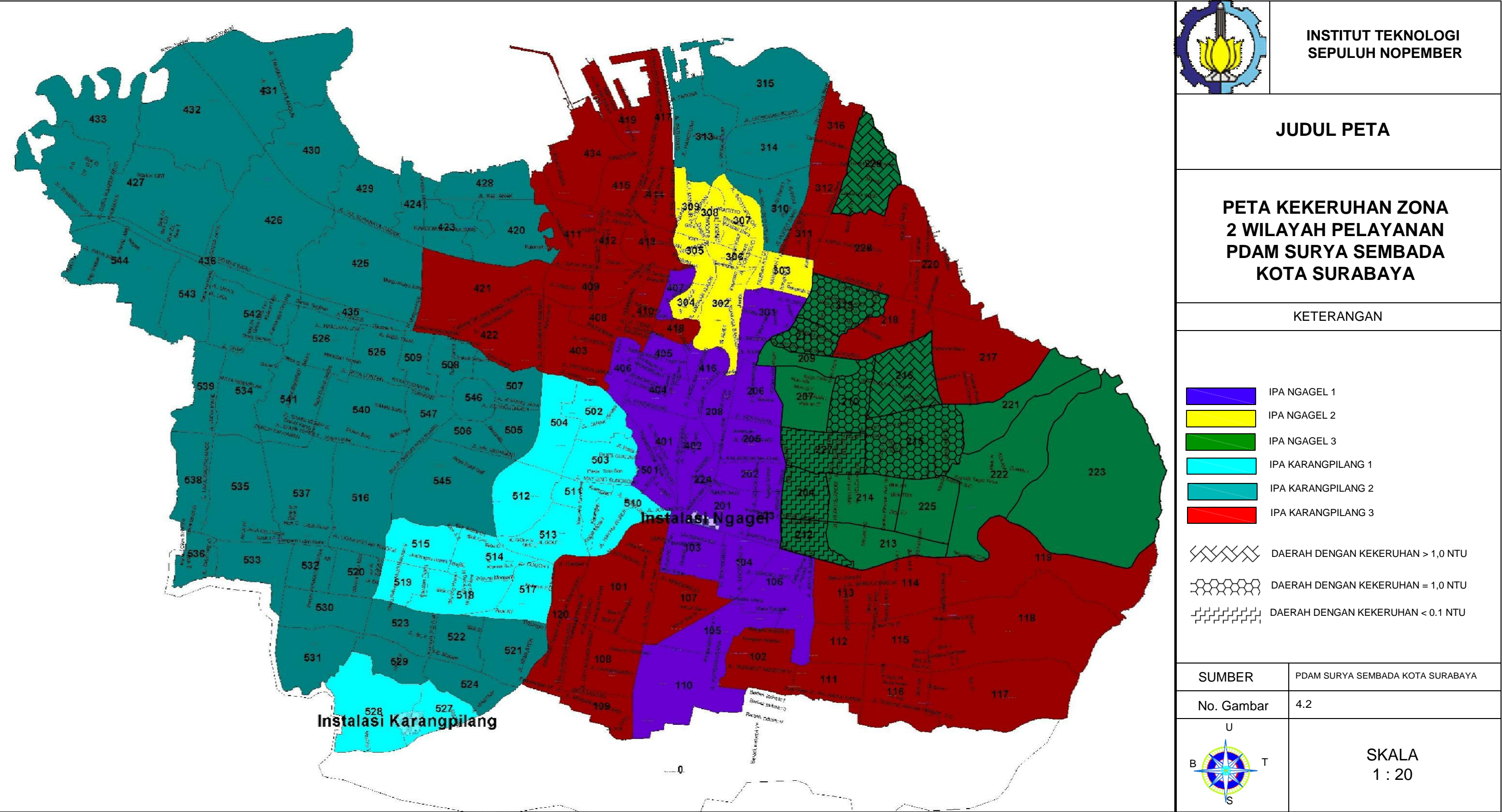
Sumber: Hasil Analisa, 2017

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa nilai kekeruhan dan bakteri Colifom pada sub zona 226 dan 216 sangat berfluktuatif tiap bulannya dengan nilai maksimum kekeruhan pada angka 4,33 NTU bulan April dan bakteri Coliform 460 Juli. Data diatas menunjukkan bahwa nilai kekeruhan yang tinggi tidak mengindikasikan keberadaan bakteri coliform yang tinggi juga. Hal ini juga ditunjukkan pada data hasil sampling bahwa pada kedua sub zona ini. Tabel 4.8 menjelaskan bahwa sub zona 226 kekeruhan rendah dengan kandungan bakteri tinggi, namun pada sub zona 216 kekeruhan tinggi disertai kandungan bakteri yang tinggi juga.

Kedua sub zona ini merupakan sub zona dengan jarak yang jauh dari instalasi namun tidak berpengaruh pada kekeruhannya. Penelitian Prawito (1991) menunjukkan bahwa semakin bertambahnya jarak atau semakin jauh dari instalasi tidak ada hubungannya dengan perubahan nilai kekeruhan dalam sampel air. Nilai kekeruhan juga tidak berhubungan dengan kandungan bakteri Coliform dalam sampel air minum jika dilihat dari data diatas. Oleh karena itu faktor kekeruhan tidak menjadi sumber keberadaan bakteri Coliform dalam sistem distribusi.

4.2.2 Daerah kekeruhan sedang

Adapun analisis berikutnya yaitu daerah kekeruhan sedang sesuai dengan Gambar 4.2 dengan nilai rata-rata kekeruhan 1,0 NTU. Sub zona yang termasuk kategori daerah kekeruhan sedang yaitu sub zona 211, 210, 215 dan 219. Sub zona tersebut lokasinya berdekatan sehingga nilai kekeruhannya tidak berbeda jauh. Kondisi nilai kekeruhan dari keempat sub zona tersebut ditunjukkan dalam Tabel 4.9 yang merupakan data PDAM selama setahun dan Tabel 4.10 yang merupakan hasil sampling kualitas air pada keempat sub zona tersebut.



Gambar 4.2 Peta Kekeruhan Zona 2 Wilayah Pelayanan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

Halaman ini sengaja dikosongkan

Tabel 4.9 Data kekeruhan dan bakteri Coliform sub zona 211, 210, 215 dan 219 tahun 2016

Bulan	Sub Zona							
	211		210		215		219	
	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)
Januari	0,8	0	1,98	0	1,19	43	0,98	93
Februari	1,54	4	0*	0	0,6	4	0,3	0
Maret	0,78	0	0*	0	0,71	0	0,82	0
April	0,32	0	0*	0	1,61	460	0,98	0
Mei	0,75	4	0*	0	0,89	0	0,55	0
Juni	1,19	150	0*	0	0,99	0	0,86	93
Juli	0,96	4	0,5	4	1,43	0	1,31	0
Agustus	1,86	93	0,63	4	1,36	75	1,89	43
September	1,6	43	0,88	0	1,48	460	1,21	23
Oktober	0,98	4	0,71	1100	0,98	0	0,64	0
November	1,07	93	1,10	23	0,68	0	0,73	210
Desember	1,15	23	1,68	0	1,13	0	1,87	0
Rata2	1,08	34,83	1,06	94,25	1,09	86,83	1,01	38,5

Sumber: Data PDAM, 2016

Tabel 4.10 Data sampling kekeruhan dan bakteri Coliform sub zona 211, 210, 215 dan 219

Pengambilan	Sub Zona							
	211		210		215		219	
	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)
Pagi	1,18	90	2,51	2	1,91	170	1,28	1600
Siang	1,11	30	1,76	110	1,22	2	1,26	900

Sumber: Hasil Analisa, 2017

Tabel 4.9 menjelaskan bahwa nilai kekeruhan dan kandungan bakteri Coliform di keempat sub zona diatas berubah-ubah tiap bulannya. Nilai maksimum kekeruhan terjadi dari keempat sub zona pada 210 dengan nilai 1,98 NTU. Kandungan bakteri Coliform nilai tertinggi pada bulan Oktober dengan 1100 per 100 ml sampel juga pada sub zona 210.

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa tidak adanya hubungan antara kekeruhan dengan bakteri coliform. Hal ini terlihat dari nilai kandungan bakteri coliform yang berbeda pada tiap sub zona dan tidak searah dengan pertambahan nilai kekeruhannya. Kandungan bakteri Colifom yang tinggi tersebut terjadi pada kekeruhan 0,71 NTU pada Tabel 4.9 dan 1,28 pada Tabel 4.10. Hal ini menunjukkan bahwa memang tidak ada keterkaitan hubungan antara parameter kekeruhan dan bakteri Coliform seperti yang dikemukakan oleh penelitian Prawito (1991).

4.2.3 Daerah kekeruhan rendah

Daerah dengan kategori nilai rata-rata kekeruhannya sangat rendah atau dibawah 1,0 NTU yang ditunjukkan oleh Gambar 4.2 adalah pada pada sub zona 212, 204, dan 227. Nilai rata-rata kekeruhan pada ketiga sub zona ini berada dibawah 1,0 NTU. Ketiga sub zona ini mempunyai jarak paling dekat dengan instalasi sehingga sub zona di daerah ini aman dari kebcocoran air. Sesuai teori kekeruhan dan kandungan bakteri Coliform dalam sampel air harusnya rendah. Adapun nilai rata-rata kekeruhan dan bakteri Coliform pada sub zona 212, 204, dan 227 dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan 4.12.

Tabel 4.11 Data kekeruhan dan bakteri Coliform sub zona 212, 204, dan 227 tahun 2016

Bulan	Sub Zona					
	212		204		227	
	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)
Januari	1,05	0	1,95	4	2,18	43
Februari	0,54	0	0,57	4	0,87	0
Maret	0,7	0	0,70	0	0,36	0
April	0	0	0,52	0	0,4	0
Mei	0,62	0	1,28	0	1,43	0
Juni	0,33	0	1,13	0	0,84	0
Juli	0,71	0	0,67	0	0,78	0
Agustus	1,17	0	0,98	0	0,79	0
September	0,68	0	0,71	0	0,8	0
Oktober	2,66	0	0,77	0	1,58	0
Nopember	0,75	0	0,43	0	0,92	0

Bulan	Sub Zona					
	212		204		227	
	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)
Desember	0,93	0	0,83	0	0,62	0
Rata2	0,85	0	0,88	0,67	0,96	3,58

Sumber: Data PDAM, 2016

Tabel 4.12 Data sampling kekeruhan dan bakteri Coliform sub zona 212, 204, dan 227

Pengambilan	Sub Zona					
	212		204		227	
	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)	Kekeruhan (NTU)	Total Coli (MPN/100 ml)
Pagi	1,28	17000	1,74	27	1,20	500
Siang	1,27	90000	1,8	130	1,29	50000

Sumber: Hasil Analisa, 2017

Tabel 4.11 diatas menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekeruhan pada ketiga sub zona diatas tidak berbeda jauh. Nilai tertinggi kekeruhan adalah 2,66 NTU di bulan Oktober pada sub zona 212. Sedangkan pada Tabel 4.12 menjelaskan bahwa nilai kekeruhan pada daerah ini dari hasil sampling berada diatas 1,0 NTU. Kondisi nilai rata-rata kekeruhan hasil sampling yang berbebeda dengan data PDAM menunjukkan bahwa kekeruhan nilai sangat berfluktuatif. Nilai kekeruhan yang tinggi dari hasil sampling bisa disebabkan banyak faktor seperti kerak dalam pipa dan konsentrasi desinfektan yang berlebih. Terutama adanya konsentrasi desinfektan yang berlebih diakibatkan jarak sub zona ini paling dekat dengan instalasi. Kandungan bakteri coliform dari hasil sampling pada ketiga sub zona ini juga cukup tinggi hal ini juga bisa disebabkan kesalahan dalam pengambilan sampling dan faktor lainnya.

Nilai kekeruhan diatas sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Prawito (1991) bahwa semakin bertambahnya jarak tidak mempengaruhi perubahan nilai kekeruhan. Daerah dengan jarak terjauh maupun dekat dengan instalasi nilai kekeruhannya tidak normal. Kandungan bakteri Coliform pada daerah ini cukup rendah dari data PDAM meskipun nilai kekeruhannya tinggi karena kekeruhan dan bakteri coliform tidak saling berhubungan.

4.3 Analisis data antara bakteri Coliform dengan sisa Chlor

Bakteri Coliform dan sisa Chlor merupakan dua parameter yang sebenarnya yang saling berpengaruh karena keberadaan bakteri Coliform dapat diatasi dengan sisa Chlor sesuai teorinya sehingga kedua parameter ini sangatlah berkorelasi. Analisis data sisa Chlor dengan bakteri Coliform yang dikaji dalam penelitian ini adalah dengan membagi daerah penelitian menjadi tiga bagian yaitu daerah dengan sisa Chlor 0 mg/L, 0-0,2 mg/L dan diatas 0,2 mg/L. Pembagian daerah berdasarkan kategori ini sesuai data PDAM dapat dilihat pada gambar 4.3

Analisis data yang menggunakan dua sumber data yaitu data sekunder yang berasal dari PDAM dan data primer hasil sampling. Data-data yang disajikan merupakan hasil kualitas air parameter sisa chlor dari PDAM selama tahun 2016. Data sampling yang disajikan adalah data kualitas air parameter sisa chlor dari sampel air yang diambil sesuai sub zona yang sudah ditentukan. Fokus analisa dan pembahasan dijelaskan tiap daerah sesuai pembagian kategori diatas. Analisa data ini dilakukan dengan membandingkan nilai sisa chlor pada tiap sub zona dalam satu daerah kategori sisa chlor. Analisa juga dikaitkan dengan penelitian terdahulu yang berhubungan dengan kaitan bakteri coliform dan sisa chlor.

4.3.1 Daerah dengan sisa Chlor 0 mg/L

Daerah penelitian diambil dari zona 2 pelayanan dengan pembagian antara lain untuk sisa Chlor 0 mg/L sesuai Gambar 4.3 adalah pada sub zona 210 dan 226. Daerah ini merupakan daerah dengan kondisi kritis jika dilihat dari jaraknya karena jauh dari instalasi sehingga mengakibatkan nilai sisa Chlor habis dalam perjalanannya menuju pelanggan. Nilai sisa Chlor dan bakteri Coliform pada daerah ini dapat dilihat pada sub zona 210 dan 226 di Tabel 4.13 dan 4.14.

Tabel 4.13 Data sisa Chlor dan bakteri Coliform sub zona 210 dan 226 tahun 2016

Bulan	Sub Zona			
	210		226	
	Sisa Chlor (mg/l)	Total Coli (MPN/100 ml)	Sisa Chlor (mg/l)	Total Coli (MPN/100 ml)
Januari	0	0	0	9
Februari	0	0	0	0
Maret	0	0	0	93

Bulan	Sub Zona			
	210		226	
	Sisa Chlor (mg/l)	Total Coli (MPN/100 ml)	Sisa Chlor (mg/l)	Total Coli (MPN/100 ml)
April	0	0	0	21
Mei	0	0	0	4
Juni	0	0	0	240
Juli	0	4	0	460
Agustus	0	4	0	21
September	0	0	0	4
Oktober	0	1100	0	0
Nopember	0	23	0	9
Desember	0	0	0	75
Rata2	0	94,25	0	78

Sumber: Data PDAM, 2016

Tabel 4.14 Data sampling sisa Chlor dan bakteri Coliform sub zona 210 dan 226

Pengambilan	Sub Zona			
	210		226	
	Sisa Chlor (mg/l)	Total Coli (MPN/100 ml)	Sisa Chlor (mg/l)	Total Coli (MPN/100 ml)
Pagi	0	2	0	500
Siang	0	110	0	17

Sumber: Hasil Analisa, 2017

Tabel 4.13 dan 4.14 menjelaskan bahwa pada sub zona 210 dan 226 dengan nilai sisa Chlor nol selama satu tahun. Kedua sub zona ini berada jauh dari instalasi sehingga faktor jarak sangat berpengaruh pada konsentrasi sisa chlor. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Prawito (1991) yang mengemukakan bahwa ada penurunan konsentrasi sisa Chlor seiring dengan bertambahnya jarak. Kandungan bakteri Coliform pada sub zona 210 dan 226 juga tinggi karena sisa Chlor yang merupakan desinfektan dalam membunuh bakteri sering habis. Sub zona 210 dan 226 juga merupakan sub zona rawan kebocoran air karena tekanan yang rendah dan jaraknya yang jauh dari instalasi sehingga sesuai penelitian yang dilakukan Finansyah (2003) dimana laju penurunan kadar chlorine dan laju pertumbuhan kembali bakteri coli semakin besar pada pipa yang bocor, dibanding pipa yang tidak bocor.

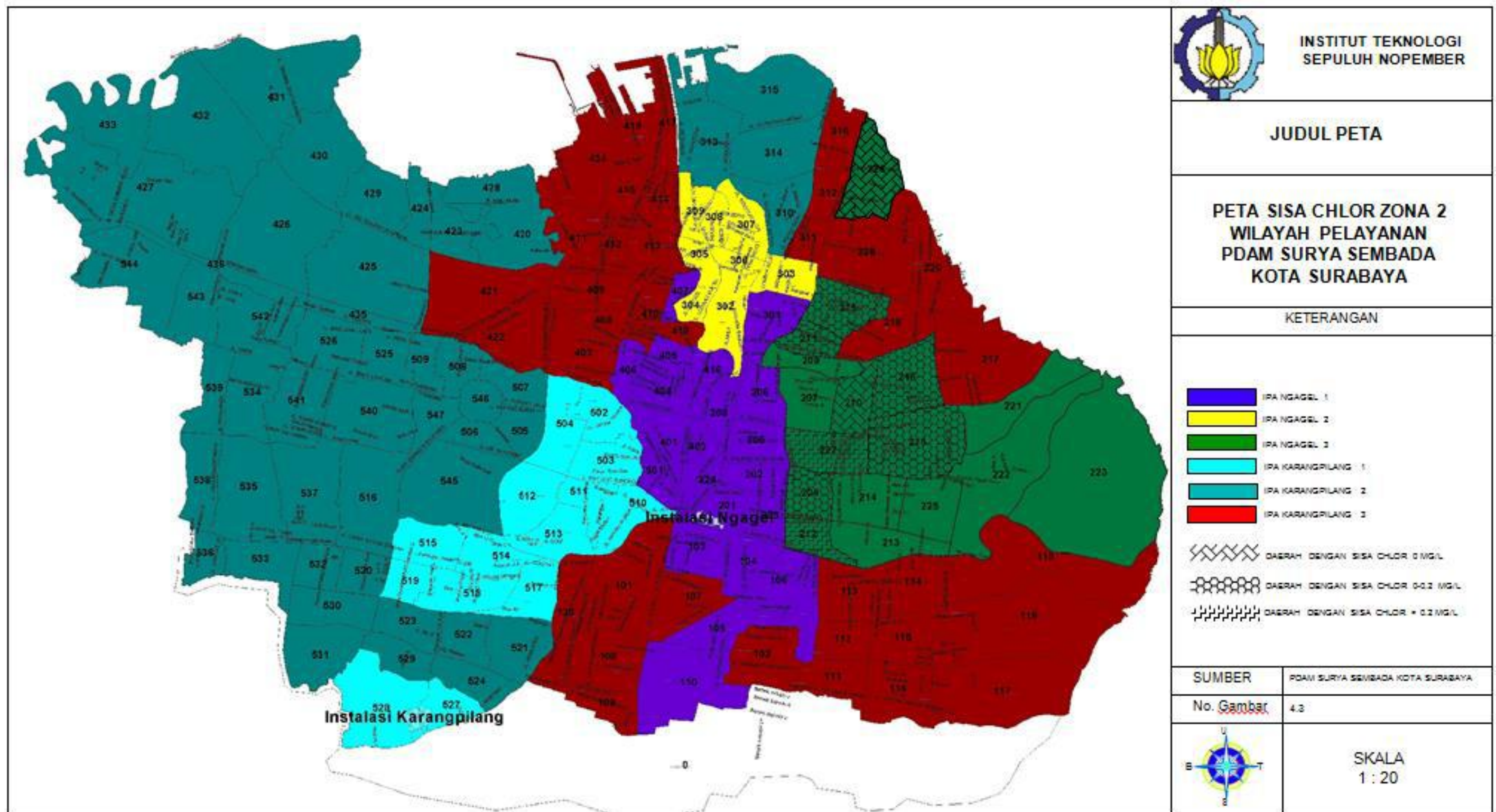
4.3.2 Daerah dengan sisa Chlor 0-0,2 mg/L

Daerah berikutnya yang dianalisa yaitu daerah dengan kategori sisa Chlor 0-0,2 mg/L yang ditunjukkan oleh Gambar 4.3. Daerah tersebut adalah pada sub zona 204, 211, 216, 215, dan 219. Sub zona di daerah ini masih mempunyai sisa chlor meskipun sedikit. Nilai sisa Chlor dan bakteri Coliform pada daerah ini dapat dilihat pada sub zona 204, 211, 215, 216, dan 219 di Tabel 4.15 dan 4.16.

Tabel 4.15 Data sisa Chlor dan bakteri Coliform sub zona 204, 211, 215, 216, dan 219 tahun 2016

Bulan	Sub Zona									
	211		216		215		219		204	
	Sisa Chlor (mg /l)	Total Coli (MPN/ 100 ml)	Sisa Chlor (mg /l)	Total Coli (MPN/ 100 ml)	Sisa Chlor (mg /l)	Total Coli (MPN/ 100 ml)	Sisa Chlor (mg /l)	Total Coli (MPN/ 100 ml)	Sisa Chlor (mg /l)	Total Coli (MPN/ 100 ml)
Januari	0	0	0	0	0	43	0	93	0	4
Februari	0	4	0	0	0	4	0	0	0,2	4
Maret	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0
April	0,1	0	0,1	0	0	460	0,1	0	0,2	0
Mei	0	4	0,1	0	0,1	0	0	0	0,2	0
Juni	0	150	0	150	0	0	0	93	0,29	0
Juli	0	4	0	9	0	0	0	0	0,29	0
Agustus	0	93	0	43	0	75	0	43	0	0
September	0	43	0	460	0	460	0	23	0,3	0
Oktober	0	4	0	0	0	0	0	0	0,29	0
November	0	93	0	0	0	0	0	210	0	0
Desember	0	23	0,29	9	0	0	0	0	0,2	0
Rata2	0,01	34,83	0,04	55,92	0,02	86,83	0,01	38,5	0,17	0,67

Sumber: Data PDAM, 2016



Gambar 4.3 Peta Sisa Chlor Zona 2 Wilayah Pelayanan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

Halaman ini sengaja dikosongkan

Tabel 4.16 Data sampling sisa Chlor dan bakteri Coliform sub zona 204, 211, 215, 216, dan 219

Bulan	Sub Zona									
	211		216		215		219		204	
	Sisa Chl or (mg/l)	Total Coli (MPN/100 ml)	Sisa Chl or (mg/l)	Total Coli (MPN/100 ml)	Sisa Chl or (mg/l)	Total Coli (MPN/100 ml)	Sisa Chl or (mg/l)	Total Coli (MPN/100 ml)	Sisa Chl or (mg/l)	Total Coli (MPN/100 ml)
Januari	0	90	0	90000	0	170	0	1600	0	27
Februari	0	30	0	300	0	2	0	900	0	130

Sumber: Hasil Analisa, 2017

Tabel 4.15 menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi nilai sisa Chlor pada kemepat sub zona diatas berkisar anatar 0,01 hingga 0,04 mg/L dalam setahun terakhir. Nilai sisa chlor yang cenderung rendah mengakibatkan kandungan bakteri coliform pada daerah ini cukup tinggi terutama sub zona 215. Sub zona 215 terjadi kondisi maksimum bakteri coliform pada nilai 460 MPN/100ml sebanyak 2 bulan. Sedangkan pada Tabel 4.16 nilai sisa chlor berdasarkan hasil sampling pada keempat sub zona diatas nilainya nol. Kandungan bakteri coliform dari hasil sampling juga tinggi bahkan ada yang terlampau tinggi pada sub zona 216. Data-data diatas menunjukkan bahwa hubungan sisa chlor dengan bakteri coliform sangat erat. Hubungan ini diperkuat dengan penelitian Prawito (1991) bahwa semakin turun nilai sisa Chlor bisa mempengaruhi pertumbuhan bakteri Coliform dalam sampel air.

4.3.3 Daerah dengan sisa Chlor diatas 0,2 mg/L

Kategori daerah dengan sisa chlor paling tinggi dibandingkan kedua daerah lainnya menurut Gambar 4.3 yaitu sub zona 212 dan 227. Daerah ini merupakan daerah dengan nilai konsentrasi sisa Chlor paling tinggi karena sub zona di daerah ini dekat dengan instalasi yang seharusnya pembubuhannya masih ada. Rata-rata nilai sisa Chlor pada daerah ini berada diatas 0,2 mg/L. Adapun nilai sisa Chlor di daerah ini dari data PDAM dan sampling dapat dilihat pada sub zona 212 dan 227 di Tabel 4.17 dan 4.18.

Tabel 4.17 Data sisa chlor dan bakteri Coliform sub zona 212 dan 227 tahun 2016

Bulan	Sub Zona			
	212		227	
	Sisa Chlor (mg/l)	Total Coli (MPN/100 ml)	Sisa Chlor (mg/l)	Total Coli (MPN/100 ml)
Januari	0	0	0	43
Februari	0,1	0	0	0
Maret	0,2	0	0,29	0
April	0	0	0,29	0
Mei	0,29	0	0,2	0
Juni	0,39	0	0	0
Juli	0,78	0	0,39	0
Agustus	0,2	0	0,78	0
September	0,2	0	0,39	0
Oktober	0	0	0,2	0
Nopember	0,2	0	0	0
Desember	0,2	0	0,2	0
Rata2	0,21	0	0,23	3,58

Sumber: Data PDAM, 2016

Tabel 4.18 Data sampling sisa chlor dan bakteri Coliform sub zona 212 dan 227

Pengambilan	Sub Zona			
	212		227	
	Sisa Chlor (mg/l)	Total Coli (MPN/100 ml)	Sisa Chlor (mg/l)	Total Coli (MPN/100 ml)
Pagi	0	17000	0	500
Siang	0	90000	0	50000

Sumber: Hasil Analisa, 2017

Tabel 4.17 menjelaskan bahwa konsentrasi sisa Chlor pada sub zona 212 dan 227 sangat tinggi melebihi batas minimum. Hal ini dikarenakan sub zona ini sangat dekat dengan instalasi sehingga sisa pembubuhannya masih ada. Nilai tertinggi sisa Chlor pada sub zona 212 dan 227 yaitu 0,78 mg/L sedangkan kandungan bakteri Coliform pada sub zona 212 nihil selama tahun 2016. Sedangkan berdasarkan data sampling yang ditampilkan pada tabel 4.18 menunjukkan bahwa nilai sisa chlor nol atau nihil. Kandungan bakteri coliform pada kedua sub zona diatas juga tinggi. Kondisi yang berbanding terbalik ini

dimungkinkan oleh banyak faktor. Kesalahan dalam pengambilan sampel dan analisa laboratoriumnya juga dapat mempengaruhi kondisi tersebut.

Sub zona 212 dan 227 merupakan daerah yang jarang mengalami kebocoran air sehingga konsentrasi nilai sisa Chlor cenderung tinggi dan kandungan bakteri Coliform rendah berdasarkan data PDAM. Sesuai dengan penelitian Finansyah (2003) bahwa laju penurunan kadar chlorine dan laju pertumbuhan kembali bakteri coli semakin besar pada pipa yang bocor, dibanding pipa yang tidak bocor.

4.4 Analisis korelasi menggunakan program IBM SPSS Statistic 24

Analisis korelasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan software IBM SPSS Statistic 24. Software ini merupakan alat bantu dalam menghitung nilai korelasi antara parameter tekanan, kekeruhan dan sisa Chlor terhadap bakteri Coliform.

4.4.1 Analisis korelasi dengan satu variabel terhadap bakteri Coliform

Analisis korelasi dengan satu variabel ini yaitu menghitung nilai korelasi antara tiap parameter (tekanan, kekeruhan dan sisa Chlor) terhadap bakteri Coliform dengan menggunakan analisis korelasi sederhana (bivariate). Nilai korelasi dari hasil analisis tiap parameter terhadap bakteri Coliform dapat dilihat pada Tabel 4.20 sedangkan hasil analisisnya pada lampiran B.

Tabel 4.19 Data Rata-Rata Ketiga Parameter Untuk Analisis Korelasi

No	Sub Zona	Lokasi	Tekanan	Kekeruhan	Sisa Chlor	Total Coli
1	215	Kertajaya Indah Timur	1,76	1,33	0,01	86
2	219	Karangempat	1,72	1,14	0,01	644
3	226	Bulak Rukem Timur	1,72	1,49	0,00	168
4	210	Dharmahusada Indah Utara	10,08	1,38	0,00	75
5	211	Pacarkembang	1,91	1,12	0,01	47
6	216	Mulyorejo Utara	2,57	2,03	0,02	22603
7	212	Nginden Jaya I	9,43	1,07	0,11	26750
8	204	Klampis Semalang	9,43	1,33	0,09	40
9	227	Klampis Aji	10,08	1,11	0,12	12627

Sumber: Hasil Analisa, 2017

Tabel 4.20 Hasil analisis korelasi bakteri Coliform dengan satu variabel

Parameter	Angka korelasi	Nilai signifikansi
Tekanan	-0,486	0,185
Kekeruhan	0,264	0,492
Sisa chlor	-0,842	0,004

Sumber: Hasil perhitungan, 2017

Berdasarkan hasil analisis Tabel 4.19 diatas dapat dilihat bahwa nilai korelasi tekanan terhadap bakteri Coliform negatif 0,486 atau sedang. Artinya hubungan korelasi antara tekanan dan bakteri Coliform berlawanan dan keterkaitannya lemah. Nilai signifikansi korelasinya $0,185 > 0,05$ maka H_0 diterima atau tidak ada hubungan antara kedua variabel (tekanan dan bakteri Coliform). Hipotesis ini menerangkan bahwa korelasi tekanan dan bakteri Coliform tidak ada. Penelitian Supi'i (2001) menjelaskan bahwa tekanan yang rendah memungkinkan kualitas air yang rendah akibat dari kebocoran air. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa parameter tekanan dimungkinkan mempengaruhi kadar bakteri Coliform akibat kebocoran air namun tidak secara langsung.

Berdasarkan Tabel 4.19 diatas dapat dilihat bahwa nilai korelasi kekeruhan terhadap bakteri Coliform positif 0,264 atau lemah. Artinya hubungan korelasi antara kekeruhan dan bakteri Coliform tidak ada serta dengan nilai signifikansi $0,492 > 0,1$ maka H_0 diterima atau tidak ada hubungan antara kedua variabel (kekeruhan dan bakteri Coliform). Hipotesis ini sesuai dengan penelitian Prawito (1991) yang juga menjelaskan bahwa tidak ada korelasi antara kekeruhan dan bakteri Coliform.

Berdasarkan Tabel 4.19 diatas dapat dilihat bahwa nilai korelasi sisa chlor terhadap bakteri Coliform negatif 0,842 atau kuat. Artinya hubungan korelasi antara sisa chlor dan bakteri Coliform berlawanan dan saling berkaitan. Adapun nilai signifikansi $0,004 < 0,1$ maka H_0 ditolak atau ada hubungan antara kedua sisa Chlor dan bakteri Coliform. Korelasi sisa Chlor dan bakteri Coliform berdasarkan perhitungan diatas sangat kuat hal ini juga diperkuat dengan berbagai penelitian. Penelitian Finansyah (2013), Prawito (1991) dan Widiastuti (2017) menjelaskan bahwa penurunan sisa Chlor juga di ikuti oleh perubahan peningkatan kandungan

bakteri Coliform di sistem distribusi. Sisa Chlor merupakan salah satu desinfektan untuk mengatasi keberadaan bakteri Coliform dalam sistem distribusi.

4.4.2 Analisis korelasi dengan antar variabel

Analisis korelasi dengan dua variabel yaitu analisis yang menghitung menggunakan korelasi sederhana dengan korelasi antar variabel yang mempengaruhi bakteri coliform. Hasil analisis korelasi antar variabel dapat dilihat pada Tabel 4.21 dan pada lampiran B.

Tabel 4.21 Hasil analisis korelasi bakteri Coliform dengan dua variabel

Parameter	Angka korelasi	Nilai signifikansi
Tekanan dengan kekeruhan	-0,699	0,36
Tekanan dengan sisa Chlor	0,74	0,23
Kekeruhan dengan sisa Chlor	-0,349	0,358

Sumber: Hasil perhitungan, 2017

Tabel 4.21 menjelaskan bahwa korelasi tekanan dengan kekeruhan bakteri memiliki nilai korelasi negatif 0,699 atau kuat. Artinya hubungan korelasi antara tekanan dan kekeruhan saling mempengaruhi. Hal ini sesuai dengan penelitian Supi'i (2001) bahwa tekanan rendah dimungkinkan mempunyai kualitas air yang rendah akibat dari masuknya kontaminan pada kebocoran pipa. Kualitas air ditunjukkan dengan parameter kekeruhannya.

Adapun nilai korelasi tekanan terhadap sisa chlor juga kuat dengan nilai 0,74. Hal ini berarti semakin rendah tekanan semakin rendah pula sisa chlornya. Hubungan yang searah ini karena tekanan dan sisa chlor dihubungkan dengan jarak sesuai penelitian Prawito (1991). Pertambahan jarak menyebabkan penurunan nilai tekanan dan konsentrasi sisa chlor.

Berdasarkan Tabel 4.21 diatas bahwa korelasi kekeruhan dan sisa chlor adalah lemah atau nilainya 0,349. Artinya tidak ada hubungan korelasi antara kekeruhan dan sisa chlor. Kedua parameter ini tidak berkaitan secara langsung sehingga kekeruhan juga tidak bisa mempengaruhi kandungan bakteri coliform dalam air. Kekeruhan juga tidak berpengaruh pada faktor jarak berbeda dengan sisa chlor yang sangat berpengaruh pada faktor jarak. Penelitian Prawito (1991) dengan kesimpulan bahwa semakin bertambah jarak dari instalasi tidak ada

hubungan perubahan kekeruhan dalam sampel air minum. Namun ada hubungan negatif yaitu penurunan konsentrasi sisa Chlor.

4.5 Analisis perhitungan penurunan sisa Chlor

Hasil korelasi diatas menunjukkan bahwa parameter sisa Chlor sangat berkaitan dengan keberadaan bakteri Coliform dalam perpipaan. Sisa Chlor sendiri mempunyai kinetika dengan jarak dan pipa, oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan kinetikanya. Analisis perhitungan penurunan sisa Chlor menggunakan rumus turunan konstanta penurunan sisa Chlor yaitu:

$$\int \frac{dC}{C} = -k_b \int dt$$

$$\ln \frac{C}{C_0} = -k_b t \Rightarrow C = C_0 e^{-k_b t} \dots\dots 8)$$

Dimana:

C = Konsentrasi sisa Chlor pada jarak tertentu (mg/L)

C₀ = Konsentrasi sisa Chlor pada t=0 (mg/L)

K_b = Konstanta penurunan

t = waktu (jam)

Perhitungan dilakukan untuk mencari nilai kecepatan di masing-masing 9 lokasi sub zona dengan menggunakan rumus diatas. Nilai konstanta penurunan menggunakan pendekatan daerah tropis sesuai penelitian Sofia (2015) dengan nilainya adalah -0,00018 yang dilakukan di kota Banjarbaru. Debit awal dari IPAM adalah 1,198 m³/s. Perhitungan penurunan dilakukan dalam satu jalur pipa primer. Adapun salah satu contoh perhitungan analisisnya yaitu:

Sub Zona 212

Diketahui:

C₀ = 0,85; K = -0,00018;

Ditanya:

t = ? dan C = ?

Jawab:

t₂₁₂ = (1540 x (3,14 x (0,45²))) / 1,198 = 817 / 3600 = 0,23 jam

C₂₁₂ = 0,85 e^{-0,00018 x 0,23}

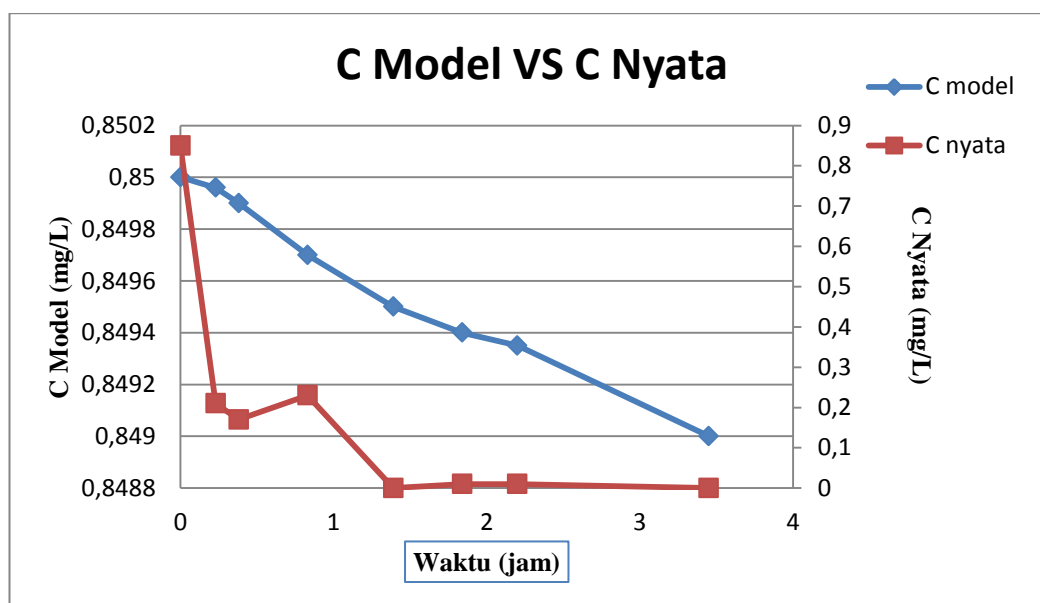
$C_{212} = 0,85$

Adapun hasil perhitungan secara lengkap dari jalur pipa primer lokasi studi penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.22.

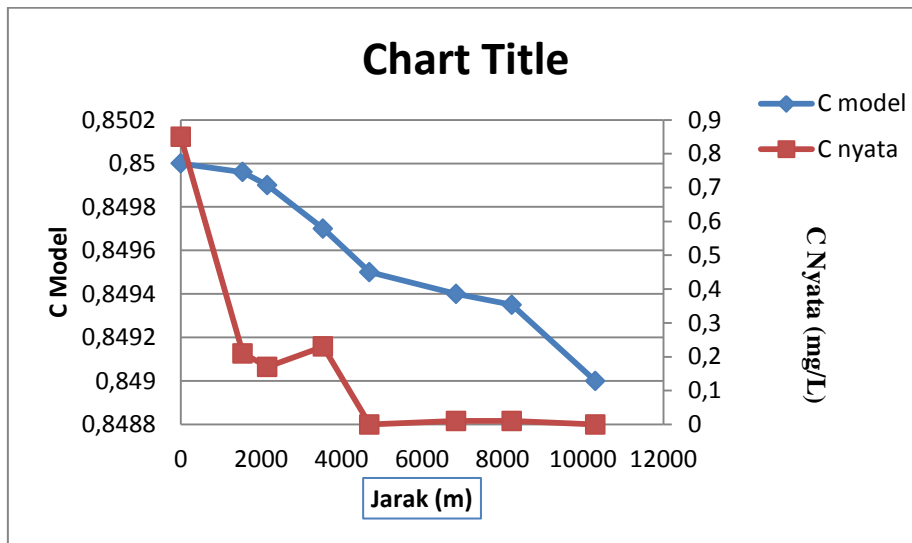
Tabel 4.22 Hasil analisis perhitungan

Sub Zona	C0 (mg/L)	K	ø Pipa (m)	Debit (m ³ /s)	L pipa (m)	C model (mg/L)	C nyata (mg/L)	t (jam)
IPAM	0,85	-	-			0,85	0,85	0
212	0,85	-0,00018	0,9	1,198	1540	0,84996	0,21	0,23
204	0,85	-0,00018	0,9	0,998	2155	0,8499	0,17	0,61
227	0,85	-0,00018	0,9	0,748	3540	0,8497	0,23	1,44
210	0,85	-0,00018	0,9	0,598	4694	0,8495	0	2,83
211	0,85	-0,00018	0,3	0,298	6848	0,8494	0,01	3,28
219	0,85	-0,00018	0,3	0,198	8233	0,84935	0,01	4,1
226	0,85	-0,00018	0,3	0,098	10310	0,849	0	6,16

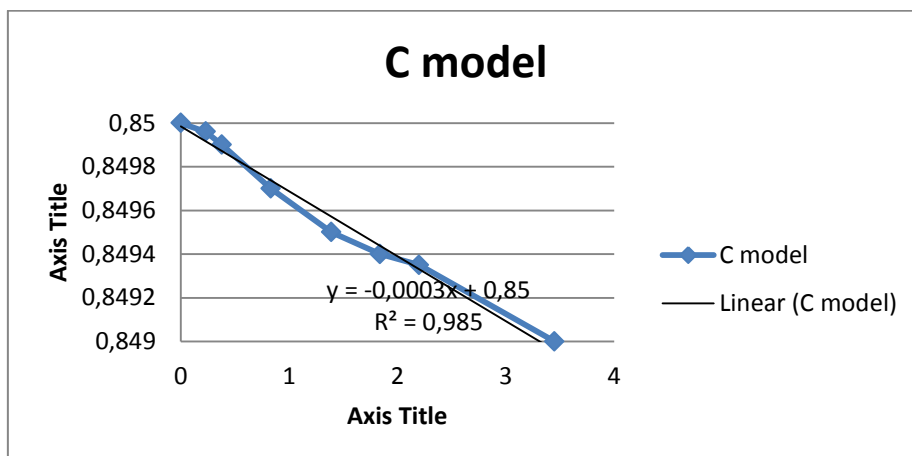
Sumber: Hasil perhitungan, 2017



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Konsentrasi Sisa Chlor Hasil Analisis dan Sampling Terhadap Satuan Waktu



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Konsentrasi Sisa Chlor Hasil Analisis dan Sampling Terhadap Satuan Jarak



Gambar 4.6 Persamaan Rumus C Model Dari Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.22 dan Gambar 4.4 dan 4.5 menunjukkan bahwa konsentrasi sisa Chlor hasil perhitungan berbeda dengan konsentrasi hasil kualitas air. Nilai konsentrasi sisa Chlor berdasarkan hasil analisis pendekatan perhitungan kinetika menunjukkan bahwa penurunan yang terjadi seharusnya tidak terlalu jauh. Sedangkan pada data yang didapat nilai konsentrasi sisa Chlor menurun secara drastis cepat habis. Penurunan yang terjadi dari hasil data menunjukkan bahwa terdapat faktor lain sisa Chlor hilang atau cepat habis. Faktor lain tersebut seperti kebocoran air.

Kebocoran air selain mengurangi konsentrasi sisa Chlor juga dapat menyebabkan kontaminan dari luar pipa masuk ke dalam pipa jaringan.

Berkurangnya konsentrasi sisa Chlor menyebabkan kandungan bakteri Coliform dalam jaringan distribusi menjadi berfluktuatif dan cenderung meningkat. Hal ini sesuai dengan penelitian Finansyah (2003) dimana laju penurunan kadar chlorine dan laju pertumbuhan kembali bakteri coli semakin besar pada pipa yang bocor, dibanding pipa yang tidak bocor. Oleh karena itu perlu dilakukan pengontrolan terhadap kondisi pipa di jalur perpipaannya terutama pipa primer karena penurunan secara drastis dapat terjadi apabila pipa primer mengalami kebocoran.

4.6 Dinamika bakteri Coliform pada sistem distribusi air minum

Analisis korelasi ketiga variabel terhadap bakteri coliform yang sudah dilakukan baik secara langsung maupun antar parameter kunci. Hasil dari analisis korelasi tersebut menunjukkan bahwa parameter yang sangat mempengaruhi bakteri Coliform adalah parameter sisa chlor. Sisa chlor merupakan parameter kunci karena hasil korelasinya sangat kuat meskipun dianalisis secara langsung maupun dengan kontrol tekanan dan kekeruhan. Hal ini disebabkan sisa chlor adalah desinfektan yang ampuh dalam membunuh bakteri coliform. Nilai minimum sisa chlor yang harus tersedia dalam sistem distribusi adalah 0,2 mg/L.

Dinamika bakteri coliform yang terjadi dalam sistem distribusi disebabkan oleh parameter sisa chlor sehingga PDAM harus menjaga kadar sisa chlor pada sistem distribusi. Nilai bakteri Coliform yang berfluktuatif dalam pipa diakibatkan sisa chlor yang cepat habis. Hal ini terjadi karena sisa chlor juga memiliki kinetika terhadap jarak dan pipa selain dengan bakteri coliform. Adanya zat organik dalam pipa akibat kerak juga menyebabkan sisa chlor lebih cepat habis sehingga bakteri Coliform tumbuh lebih cepat dalam pipa. Jarak pelanggan dari instalasi juga mempengaruhi penurunan sisa chlor sesuai penelitian Widiastuti (2017). Penurunan sisa chlor tentunya juga mengakibatkan kandungan bakteri Coliform dalam pipa meningkat. Faktor kebocoran air juga dapat mengakibatkan sisa Chlor cepat habis atau hilang. Selain itu berdasarkan analisis korelasi diatas tekanan juga dapat mempengaruhi sisa chlor dalam distribusi. Pengontrolan kandungan bakteri coliform yang dilakukan PDAM selain pada kadar sisa chlor juga pada tekanan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

1. Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa parameter sisa chlor mempunyai nilai korelasi sangat kuat terhadap bakteri Coliform dibandingkan parameter tekanan dan kekeruhan.
2. Nilai bakteri coliform yang berfluktuatif akibat sisa chlor mempunyai kinetika dengan jarak, dan pipa, selain dengan bakteri itu sendiri. Parameter tekanan juga dapat mempengaruhi kadar sisa chlor sehingga tekanan dan sisa chlor merupakan faktor kunci dalam dinamika bakteri coliform.

5.2 Rekomendasi

Bagi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya:

1. Flushing pipa secara kontinu untuk menghilangkan kerak-kerak dalam perpipaan.
2. Pengujian kualitas air di sub zona harus konsisten untuk mengetahui kontrol parameter-parameter kunci terutama sisa chlor.
3. Pengecekan kondisi tekanan pada meter induk untuk menjaga kadar sisa chlor dalam sistem distribusi.
4. Adanya pembubuhan chlor di daerah kritis atau post chlorination untuk mengontrol kandungan bakteri Coliform dalam pipa.

Bagi penelitian mendatang:

1. Perlu kajian tentang kadar optimum konsentrasi sisa Chlor terhadap bakteri Coliform agar kandungannya dalam sistem distribusi tetap aman.
2. Adanya kajian mendalam tentang kebocoran air yang mempengaruhi penurunan sisa Chlor.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Jasser, A O. 2011. *Pipe Service Age Effect on Chlorine Decay in Drinking-Water Transmission and Distribution Systems*. CLEAN – Soil, Air, Water, Vol. 39 (9): 827 – 832.
- Amen O. 2012. *Efisiensi Penggunaan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ Dan NaOCl Sebagai Desinfektan Pada Air Hasil Olahan PDAM TIRTA PAKUAN*. Tugas Akhir Program Studi Kimia-FMIPA Universitas PAKUAN. Bogor.
- Andayani W. 1999. *Desinfeksi Air*. Majalah Air Minum Perpamsi No 83.
- APPA, AWWA, WPCF. 1995. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*. Washington.
- Arevalo, M. J., 2007. *Modelling Free Chlorine and Chloramine Decay in A Pilot Distribution Systems*, Orlando: Dissertation of Ph.D in Dept of Civil and Env. Engineering, Collage of Eng. and Comp. Science, Univ of Central Florida.
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2016. *Kota Surabaya Dalam Angka Tahun 2016*.
- Candelieri A, Conti D, dan Archetti F. 2013. *A Graph Analysis of Leak Localization in Urban Water Networks*. Proceedings of 12th International Conference on Computing and Control For The Water Industry. Procedia Engineering 70 (2014) 228-237.
- Cappuccino J G N, dan Sherman. 1983. *Microbiology: A Laboratory Manual*. Addison-Wesley Publishing Company.
- Finansyah R W. 2003. *Identifikasi Kebocoran Air Pada Sistem Perpipaan di PDAM Surabaya Dengan Menggunakan Parameter Laju Penurunan Chlorine dan Laju Pertumbuhan Bakteri Coliform*. Tesis Pogram Pascasarjana Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP ITS. Surabaya.
- Fontanaza M C, Notaro V, Puleo V, Nicolosi P, Freni G. 2015. *Contaminant Intrusion Through Leaks In Water Distribution System: Experimental Analysis*. Proceedings of 13th Computer Control For Water Industry Conference. Procedia Engineering 119 (2015) 426-433.

- Francis A D G. 2000. *Bacterial Regrowth in Drinking Water Distribution System; A Comparison of Durham and Releigh*. "WRI Report No.326.
- Geo C. 1992. *Chlorination of Potable Water*. Handbook of Chlorination and Alternative Desinfectan. Ed: Van Nostrand Reinhold. New York.
- Hadi W. 2000. *Telaah Prospektif Pengolahan Air (siap) Minum di Indonesia*. Surabaya: FTSP-ITS.
- Ince, Margaret, dan Howard, G. 1999. *Developing Realistic Drinking Water Quality Standarts* 25th WEDC Conference Intregated Development For Water Supply and Sanitation. Addis Abba, Ethiopia.
- Irianto, A. 2006. *Statistik: Konsep Dasar dan Aplikasi*. Jakarta: Kencana.
- Johnson, J D. 1977. *Desinfection Water and Wastewater*. Michigan. United of America: Ann Arbor Science Publisher, Inc.
- Masduqi A, dan Assomadi, A F. 2012. *Operasi dan Proses Pengolahan Air*. Surabaya: ITS Press.
- McGhee, T J. 1991. *Water Supply and Sewerage, Sixth Edition*. New York: McGrawHill Book Co.
- Metcalf dan Eddy. 1991. *Water Supply and Sewerage*. Edisi 6. New York: Mc Graw-Hill International Edition.
- Nisfiannoor, M. 2009. *Pendekatan Statistika Modern Untuk Ilmu Social*. Salemba Humanika.
- Peni, A. 1991. *Laporan Penelitian Analisis Pengaruh Cahaya Matahari Terhadap Populasi Bakteri Uji Sebagai Alternatif Desinfeksi Mikroba Pus-Lit ITS*.
- Prawito D. 1991. *Korelasi Antara Sisa Chlor, pH, dan Kekeruhan Dengan Bakteri Escherichia Coli Pada Konsumen Air Minum Yang Disuplai Dari Jairngan Distribusi Ngagel III Surabaya*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP ITS. Surabaya.
- Pusat Data dan Statistik Pendidikan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2014. *Modul Pembelajaran SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)*. Jakarta.
- Rogers, D. 2013. "Leaking Water Networks: An Economic and Enviromental Disaster". Proceedings of 12th International Conference on Computing and

- Control For The Water Industry. *Procedia Engineering* 70 (2014), 1421-1429.
- Rossman, L A. 2000. *EPANET 2 User Manual*, EPA/600/R-00/057, *National Risk Management Research Laboratory*. U.S. Cincinnati, OH: *Environmental Protection Agency*.
- Santoso S. 1999. *SPSS, Mengolah Data Statistik Secara Profesional*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Sawyer, Clair N, dan Perry L Mc Carty. 1994. *Chemistry for Enviromental Engineering*, 3rd Edition. New York: Mc Graw-Hill Book Company.
- Sofia E, Rony R, dan Chairul A. 2015. *Evaluasi Keberadaan Sisa Chlor Bebas di Jaringan Distribusi IPA Sungai Lulut PDAM Bandarmasih*. Prodi Studi Teknik Lingkungan-FT Universitas Lambung Mangkurat. Kalimantan Selatan.
- Sugiyono. 2007. *Metode Penelitian Administrasi*. Bandung: Alfabeta.
- Supi'i A. 2001. *Studi Kandungan Bakteri Coliform Pada Sistem Distribusi Bertekanan Rendah IPAM Ngagel III Surabaya*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP ITS. Surabaya.
- Suriawiria, U. 1996. *Pengantar Mikrobiologi Umum*. Bandung: Penerbit Angkasa.
- Widiastuti S. 2017. *Hubungan Antara Jarak Perpipaan Distribusi Air PDAM Instalasi PDAM Kamijoro Bantul Dengan Sisa Chlor dan Keberadaan Bakteri Coliform dan Eschericia Coli*. Tugas Akhir Jurusan Pendidikan Biologi-FMIPA UNY. Yogyakarta.
- Triatmadja, R, Al Amin, M B, dan Kamulyan, B. 2010. *Numerical Simulation of Water Quality in A Pipe Network*. Disajikan pada *The First Makassar International Conference on Civil Engineering (MICCE2010)*, 9 – 10 Maret 2010, Makassar.
- Trihadiningrum Y. 1995. *Mikrobiologi Lingkungan*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A

PROSEDUR PENELITIAN

➤ **Analisis Chlorine (Sisa Chlor) dengan Metode Iodometri**

Analisis Chlorine (Sisa Chlor) yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode iodometri. Metode ini adalah salah satu metode dalam analisis kondisi sisa chlor yang terkandung dalam air perpipaan PDAM dengan melalui titrasi iodometri (Sawyer, Clair, and Perry, 1994). Adapun bahan dan alat yang digunakan dan prosedurnya di bawah ini:

- Bahan dan Alat
 1. Asam asetik (glacial) yang pekat.
 2. Kristal Kalium Iodida (KI)
 3. Larutan standart Natriumtiosulfat 0,0125 N
 4. Larutan indikator amilum.
 5. Buret 25 ml atau 50 ml.
 6. Erlenmeyer 100 ml 1 buah.
 7. Pipet gondok 25 ml, pipet skala 10 ml, 5 ml.
- Prosedur Percobaan
 1. Ambil 1 buah Erlenmeyer 100 ml dan isi dengan 25 ml sampel air.
 2. Tambahkan 2,5 ml Asam asetik (glacial)
 3. Tambahkan kurang lebih 1 gr Kristal KI
 4. Tambahkan 3 tetes indikator amilum, jika berwarna biru titrasi dengan larutan standart Natrium tiosulfat 0,0125 N sampai warna biru hilang (APHA, 1995).

➤ **Analisis Kekerusihan dengan Metode Turbidimetri**

Analisis kekerusihan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode turbidimetri. Metode ini berdasarkan intensitas cahaya yang dipendarkan oleh suspensi dalam air.

- Bahan dan Alat
 1. Turbidimetri.

- Prosedur Percobaan
 1. Nyalakan power, kemudian masukkan blanko dan set alat tersebut pada set zero (0).
 2. Masukkan sampel air ke dalam tabung dan masukkan tabung ke dalam alat turbidimeter.
 3. Catat angka yang dihasilkan (Sawyer, Clair, and Perry, 1994).

➤ **Analisis Penentuan Bakteri Coliform dengan Metode MPN**

Analisis bakteri Coliform yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode Most Probable Number atau MPN. Metode ini menggunakan 3 tahap pengujian yaitu:

1. Uji Presumtif (presumptive test).

Tahap ini merupakan uji spesifik terhadap bakteri Coliform. Setiap sampel air membutuhkan 15 tabung reaksi yang masing-masing berisi 10 ml kaldu laktosa dan sebuah tabung Durham yang terbalik disterilisasi terlebih dahulu. Selanjutnya 5 buah tabung berisi kaldu laktosa diisi dengan sampel 10 ml air sampel, 5 buah lainnya diisi dengan 1 ml sampel air dan selebihnya diisi dengan 0,1 ml sampel air. Seluruh tabung diinkubasi pada suhu $35 \pm 0,5$ °C selama ± 2 jam. Apabila terdapat bakteri Coliform, maka akan terbentuk gas yang terlihat dalam tabung Durham.

2. Uji Konfirmasi (confirmative test).

Uji ini diperlukan untuk memastikan bahwa pembentukan gas pada tabung Durham benar-benar dihasilkan oleh aktifitas bakteri Coliform. Untuk itu biakan pada media kaldu laktosa yang memberikan hasil positif diinokulasikan dengan jarum ose ke dalam tabung reaksi yang berisi media selektif cair Brilliant Green Lactosa Bile Broth (BGLBB) yang dilengkapi dengan tabung Durham. Kemudian biakan diinkubasi pada suhu dan waktu inkubasi yang sesuai untuk tujuan analisis (penentuan coliform). Terbentuknya gas pada tabung Durham menunjukkan uji konfirmasi ini positif.

3. Uji Pelengkap (completed test).

Uji ini dilakukan terhadap biakan pada uji konfirmasi yang memberikan hasil positif. Dengan menggunakan jarum ose, biakan dengan hasil positif tersebut diinokulasikan pada media Eosine Methylene Blue (EMB) di cawan petri. Bakteri *Escherichia Coli* membentuk koloni berwarna gelap dengan kilauan metalik kehijauan. Sedangkan bakteri Coliform lainnya misalnya *Enterobacter Aerogenes* koloni yang membentuk warna gelap dengan kilau metal diisolasi dan ditumbuhkan pada media agar miring nutrient broth. Selanjutnya dilakukan uji pewarnaan gram pada biakan yang berumur 24-48 jam. Apabila diperoleh bakteri berbentuk batang, gram negatif, maka hasil pengujian dengan metode MPN ini positif.

Jumlah biakan pada media BGLBB yang memberikan hasil positif pada uji pelengkap untuk setiap seri tabung (dengan sampel pada media kaldu laktosa 10 ml, 1 ml, dan 0,1 ml) dicatat. Dengan data tersebut, jumlah bakteri Coliform pada setiap 100 ml sampel air dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel Hopkins (Cappuccino, 1983).

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN B

Hasil Analisis Program SPSS

1. Hasil analisis korelasi dengan satu variabel terhadap bakteri Coliform

Correlations			
		Tekanan	Coliform
Tekanan	Pearson Correlation	1	-,486
	Sig. (2-tailed)		,185
	N	9	9
Coliform	Pearson Correlation	-,486	1
	Sig. (2-tailed)	,185	
	N	9	9

Gambar Hasil Korelasi Tekanan dan Bakteri Coliform

Correlations			
		Kekeruhan	Coliform
Kekeruhan	Pearson Correlation	1	,264
	Sig. (2-tailed)		,492
	N	9	9
Coliform	Pearson Correlation	,264	1
	Sig. (2-tailed)	,492	
	N	9	9

Gambar Hasil Korelasi Kekeruhan dan Bakteri Coliform

Correlations			
		Chlor	Coliform
Chlor	Pearson Correlation	1	-,842**
	Sig. (2-tailed)		,004
	N	9	9
Coliform	Pearson Correlation	-,842**	1
	Sig. (2-tailed)	,004	
	N	9	9

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Gambar Hasil Korelasi Sisa Chlor dan Bakteri Coliform

2. Hasil analisis korelasi antar parameter kunci

Correlations

		Kekeruhan	Tekanan
Kekeruhan	Pearson Correlation	1	-,699 [*]
	Sig. (2-tailed)		,036
	N	9	9
Tekanan	Pearson Correlation	-,699 [*]	1
	Sig. (2-tailed)	,036	
	N	9	9

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Gambar Hasil Korelasi Parsial Tekanan dan kekeruhan

Correlations

		Tekanan	Chlor
Tekanan	Pearson Correlation	1	,740 [*]
	Sig. (2-tailed)		,023
	N	9	9
Chlor	Pearson Correlation	,740 [*]	1
	Sig. (2-tailed)	,023	
	N	9	9

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Gambar Hasil Korelasi Parsial Tekanan dan sisa Chlor

Correlations

		Chlor	Kekeruhan
Chlor	Pearson Correlation	1	-,349
	Sig. (2-tailed)		,358
	N	9	9
Kekeruhan	Pearson Correlation	-,349	1
	Sig. (2-tailed)	,358	
	N	9	9

Gambar Hasil Korelasi Parsial Kekeruhan dan sisa Chlor

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kabupaten Tuban pada 19 Mei 1991, merupakan anak pertama dari 1 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN SIDODADI I/153 (1996-2003), SMPN 8 Surabaya (2003-2006), SMAN 1 Surabaya (2006-2009) dan S1 Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS (2009-2014). Penulis menempuh studi pascasarjana di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS dengan bidang keahlian Teknik Sanitasi Lingkungan pada tahun 2014. Penulis pernah menjadi asisten laboratorium mata kuliah Teknis Analisis Pencemar Lingkungan pada tahun 2011-2012 dan *grader* untuk mata kuliah Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) pada tahun 2012. Penulis pernah mengikuti Kerja Praktek di

PDAM Kabupaten Banyuwangi pada Tahun 2012. Penulis pernah bekerja sebagai Konsultan Freelance (2014-sekarang). Segala bentuk komunikasi terkait dengan Tesis ini dapat disampaikan melalui email penulis di alkhakim.tl@gmail.com.

Halaman ini sengaja dikosongkan)